Deerns

EQUINIX

EQUINIX

ML10x

Valutazione Ambientale

Campi Elettromagnetici

JOB NUMBER	250202
REVISION	R01
DATE	28/04/2025

AUTHOR	DRN
APPROVED	DRN

This document is designed for two-side printing.

R01	28/04/2025	DRN	Sottomissione per la VIA
Rev	**Date**	**Author**	**Purpose of Issue**

Document History

Contents

1 INTRODUZIONE 5
1.1 Definizioni 6
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 11
2.1 Normativa Comunitaria 11
2.2 Normativa Nazionale 11
2.3 Norme CEI 11
3 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISIMA FREQUENZA 12
3.1 Introduzione 12
3.2 Normative 12
3.3 Art. 4. Obiettivi di qualità 12
3.4 Art. 6 “Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” 12
4 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISIMA FREQUENZA 13
4.1 Introduzione 13
4.2 Formule analitiche approssimate (CE 106-11) 14
4.3 Linee aeree trifase a semplice terna (CEI 106-11 – Rif. 6.2.1) 14
5 LOCALIZZAZIONE DELL’INTERVENTO 15
5.1 Inquadramento geografico dell’area 15
5.2 Identificazione degli ambiti di trasformazione 17
6 ANALISI TECNICA 20
6.1 Descrizione del sito e degli edifici 20
6.2 Alimentazione elettrica 20
7 IMPIANTO – SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI 22
8 DESCRIZIONE DEL CALCOLO DELLA DPA 31
8.1 Calcolo DPA condutture 31
8.2 Calcolo DPA trasformatore 33
9 CALCOLO DELLA DPA MLSS2 34
9.1 Cavidotto Interrato 220 kV di trasmissione da sottostazione TERNA a Sottostazione Utente MLSS2 34
9.2 Barrature GIS 220 kV di distribuzione Alta Tensione Cabina Utente MLSS2 35
9.3 Cavidotto Interrato 220 kV fra quadro GIS di MLSS2 ai Trasformatori AT/MT 36
9.4 Cavidotto Interrato 220 kV fra quadro GIS di MLSS2 ai Trasformatori AT/MT caso con quattro linee sovrapposte 38
9.5 Cavidotto Aereo 220 kV a ridosso dei Trasformatori AT/MT di MLSS2 40
9.6 Trasformatore AT/MT di MLSS2 41
9.7 Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT SUDBs di ML10x 42
9.8 Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT SUDBs di ML10x caso con 3 linee soprapposte 44

9.9 Cabine di Trasformazione MT Ausiliarie periferiche di sottostazione MLSS2 46

10 CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE MT DI ML10X 47

10.1 Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs di ML10x 47

10.2 Cavidotti Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs alle cabine MT di ML10x.....49

10.3 Cavidotti Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs alle cabine MT di ML10X caso di 4 anelli contemporaneamente presenti 51

10.4 Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dall'Edificio dei Generatori MT alle cabine MT del sito.....53

10.5 Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito caso con 16 linee contemporanee 56

10.6 Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito nel caso di 10 linee coesistenti 58

11 CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE BT DI ML10X 60

11.1 Cavidotto aereo 0,4 kV in Blindosbarra.....60

11.2 Cavidotto aereo 0,4 kV in cavo 61

12 CONCLUSIONI 63

13 APPENDICE.....65

13.1 Grandezze, convenzioni e simboli.....65

13.2 Nozioni di base (CEI 106-11) 66

1 INTRODUZIONE

Per procedere alla messa in servizio del Datacenter ML10x viene redatta una Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA).

A tal fine è stato redatto questo studio del Campo Elettromagnetico presente nel sito EQUINIX per la redazione di una relazione avente i seguenti scopi:

- Fornire indicazioni riguardo le distanze di prima approssimazione (DPA) dalle sorgenti di campo elettrico e magnetico dovuto a tutti gli impianti elettrici di distribuzione e trasformazione in alta ed in Media Tensione nell'intorno ed asserviti agli edifici dei Datacenter ML10X ed anche di alcune in Bassa Tensione di particolare potenza.
- Calcolare la distanza di prima approssimazione DPA per elettrodotti di nuova realizzazione per autorizzazioni ambientali legge n.36/2001; DPCM 8/07/2003; D.M. 29/05/2008, redatta con procedimento semplificato per autorizzazioni integrate ambientali.
- Fornire una relazione con calcoli della fascia di rispetto indicando il luogo di punti intorno alla sorgente avente induzione magnetica superiore al riferimento della Norma CEI EN 55024. (qualità del servizio e/o interferenza tra le apparecchiature)

In questo documento si andrà a calcolare la Distanza di Prima Approssimazione (DPA), valutata con la metodologia generale della Guida CEI 106-11 per la situazione di progetto prevista per la realizzazione di un nuovo impianto di alimentazione elettrica asservito all'alimentazione di un nuovo data center in località "Il Castelletto" nel Comune di Settimo Milanese (MI) da parte di Equinix Hyperscale 2 (ML10x) Srl per la fornitura di servizi clouds come server, risorse di archiviazione, database, rete, software, analisi e intelligence.

Il campus di datacenter sarà composto da un complesso di datacenter denominati ML9x, ML10x ed ML11x che, per ragioni legate allo sviluppo immobiliare dell'area e all'evoluzione dell'attività, verranno realizzati in fasi e separatamente. Il data center non svolgerà alcun tipo di attività produttiva e tutte le unità saranno alimentate dall'energia elettrica proveniente da una stazione di trasformazione AT/MT denominata MLSS2, prossima ai due complessi che è collegata ad una nuova Stazione Elettrica di Terna che verrà costruita nelle immediate vicinanze del datacenter con un nuovo elettrodotto in doppio cavo interrato che garantisce una più alta affidabilità di alimentazione della rete.

Per garantire l'operatività del data center ML10x anche in caso di interruzioni di rete si prevede l'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza.

1.1 Definizioni

Di seguito si riportano le definizioni utilizzate nel presente documento in accordo al documento “RTI CTN_AGF 1/2000“ dal titolo “ Guida Tecnica per la misura dei campi elettromagnetici compresi nell’ intervallo di frequenza 100 kHz-3 GHz in riferimento all’ esposizione della popolazione” redatto dall’ ANPA” ovvero dall’ Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente -Dipartimento Stato dell’Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi

1.1.1 Campo elettrico (E)

Si definisce campo elettrico una quantità vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto tra la forza esercitata su una carica elettrica di prova q ed il valore della carica medesima. L’unità di misura del campo elettrico nel sistema S.I. è il volt/metro (V/m).

1.1.2 Campo magnetico (H)

Si definisce campo magnetico una quantità vettoriale-assiale definita in ogni punto di una data regione di spazio in modo tale che il suo rotore sia eguale alla densità di corrente elettrica totale, compresa la corrente di spostamento. L’unità di misura del campo magnetico nel sistema S.I. è l’ampère/metro (A/m).

1.1.3 Campi a frequenza multipla

Sovrapposizione di due o più campi elettromagnetici di fase arbitraria e di frequenza diversa.

1.1.4 Conducibilità

Rapporto tra la densità di corrente di conduzione in un mezzo e l’intensità del campo elettrico. La conducibilità è espressa in siemens per metro (S/m).

1.1.5 Corrente di contatto

Corrente che passa attraverso il corpo quando quest’ultimo viene in contatto con un oggetto conduttore immerso in un campo elettromagnetico.

1.1.6 Densità di corrente

Corrente indotta da un campo elettromagnetico nell’unità di superficie all’interno del corpo umano. La densità di corrente si esprime in ampère per metro quadrato (A/m²).

1.1.7 Densità di energia

Energia incidente su un’area unitaria normale alla direzione di propagazione dell’onda elettromagnetica. É espressa in Joule per metro quadrato (J/m²).

1.1.8 Densità di potenza (S)

Potenza che fluisce nell’unità di superficie posta perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell’onda elettromagnetica. É normalmente espressa in watt per metro quadro (W/m²).

1.1.9 Densità di potenza media nel tempo

Valore istantaneo della densità di potenza, mediato nel tempo, definito dalla formula:

$$S_m = \frac{1}{T}\int_T S\,(t)dt$$

Dove:

T è il periodo del segnale generato dalla sorgente.

1.1.10 Densità di potenza, picco

Densità di potenza istantanea massima che si manifesta quando si trasmette potenza.

1.1.11 Densità di potenza, di onda piana equivalente

Termine di uso comune associato a qualsiasi onda elettromagnetica, uguale in ampiezza alla densità di potenza di un'onda piana che ha la stessa intensità dei campi elettrico (E) e/o magnetico (H).

1.1.12 Effetto diretto dell'esposizione

Conseguenza di una interazione diretta dei campi elettromagnetici con il corpo umano esposto.

1.1.13 Effetto indiretto dell'esposizione

Conseguenza di una interazione indiretta che si manifesta quando il corpo umano viene a contatto con oggetti metallici in campi elettromagnetici.

1.1.14 Esposizione breve

Tempi di esposizione più brevi del corrispondente tempo di media.

1.1.15 Esposizione continua

Esposizione per periodi di tempo più lunghi del corrispondente tempo di valutazione della media.

1.1.16 Esposizione non uniforme

Livelli di esposizione non uniforme si determinano quando i campi non sono uniformi su volumi di dimensioni paragonabili alle dimensioni del corpo umano considerato nella sua interezza. Questa situazione può essere causata da onde stazionarie, da radiazione diffusa oppure può verificarsi in zona di campo vicino.

1.1.17 Esposizione parziale del corpo

L'esposizione parziale ha luogo quando si ha una deposizione localizzata di energia.

1.1.18 Frequenza (f)

Numero di cicli o periodi nell'unità di tempo. L'unità di misura nel sistema S.I. è l'hertz (Hz).

1.1.19 Impedenza d'onda del vuoto

Rapporto tra l'intensità del campo elettrico e quella del campo magnetico di un'onda elettromagnetica che si propaga. Per un'onda piana che si propaga nel vuoto, l'impedenza d'onda intrinseca del vuoto è circa 377 Ohm.

1.1.20 Induzione elettrica (D)

Modulo di un vettore, pari al prodotto dell'intensità del campo elettrico (E) per la costante dielettrica (ε):

$$D = \varepsilon \times E.$$

L'induzione elettrica è espressa in coulomb per metro quadrato (C/m²).

1.1.21 Induzione magnetica (B)

Modulo di un vettore, pari al prodotto dell'intensità del campo magnetico (H) per la permeabilità magnetica (μ) del mezzo:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

L'induzione magnetica si esprime in tesla (T).

1.1.22 Livello di esposizione

Valore della grandezza considerata quando una persona è esposta a campi elettromagnetici.

1.1.23 Lunghezza d'onda (λ)

La lunghezza d'onda (λ) di un'onda elettromagnetica è legata alla frequenza (f) ed alla velocità di propagazione (c) dall'espressione $c = f \times \lambda$ Nel vuoto la velocità di un'onda elettromagnetica è uguale alla velocità della luce. La lunghezza d'onda si esprime in metri (m).

1.1.24 Media temporale della potenza assorbita (Pm)

Tasso di trasferimento di energia, mediato nel tempo, definito dalla formula seguente:

$$P_m = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P\,(t)dt$$

Dove:

t1 e t2 sono i tempi di inizio e fine dell'esposizione. Il periodo t2 - t1 rappresenta la durata dell'esposizione.

1.1.25 NIR

Campi elettromagnetici non ionizzanti (fra 300 kHz e 300 GHz)

1.1.26 Obiettivi di qualità

Sono valori di campo elettromagnetico da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, usando tecnologie e metodiche di risanamento disponibili, al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione.

1.1.27 Onda piana

É una distribuzione di campo elettromagnetico propagativo, in cui in ogni punto i vettori campo elettrico e campo magnetico sono perpendicolari fra loro e giacciono su piani perpendicolari alla direzione di propagazione.

1.1.28 Permeabilità magnetica (μ)

La permeabilità magnetica di un materiale è definita dal rapporto fra il valore dell'induzione magnetica (B) e l'intensità del campo magnetico (H) :

$$\mu = \frac{B}{H}$$

La permeabilità magnetica μ si esprime in henry per metro (H/m).

1.1.29 Permettività, o costante dielettrica (ε)

Proprietà di un materiale dielettrico (ad esempio un tessuto biologico) definita dal rapporto fra l'intensità dell'induzione elettrica (D) e l'intensità del campo elettrico (E)

$$\varepsilon = \frac{D}{E}$$

La costante dielettrica si esprime in farad per metro (F/m).

1.1.30 Polarizzazione

Caratteristica dei campi elettromagnetici che descrive la direzione e l'ampiezza, variabili nel tempo, del vettore di campo elettrico; in particolare, indica la figura tracciata, in funzione del tempo, dall'estremità del vettore campo elettrico in un punto fisso nello spazio come è vista lungo la direzione di propagazione.

1.1.31 Popolazione

Tutti i non esposti a campi elettromagnetici per ragioni professionali.

1.1.32 Punti caldi

Zona o volume molto localizzati di irraggiamento o assorbimento di energia elettromagnetica, prodotto da radiazione diffusa, da effetti focalizzanti o da altre disomogeneità.

1.1.33 Radiazione diffusa

Campo elettromagnetico risultante da correnti indotte in un oggetto secondario, conduttore o dielettrico, da onde elettromagnetiche incidenti sull'oggetto stesso da una o più fonti primarie. L'oggetto diffondente è talvolta chiamato "re-irradiatore" o "irradiatore secondario".

1.1.34 Radio frequenza (RF)

É l'intervallo di frequenza da 10 kHz – 300 GHz.

1.1.35 Rapidità di variazione dell'induzione magnetica

Derivata rispetto al tempo dell'induzione magnetica.

1.1.36 Regione di campo lontano

Regione di spazio, sufficientemente lontano dalla sorgente, nella quale il campo elettromagnetico ha una distribuzione caratteristica dell'onda piana. L'estensione di questa regione dipende dalle dimensioni massime lineari D del sistema d'antenna e dalla lunghezza d'onda λ del campo stesso. Si assume convenzionalmente che la regione di campo lontano inizi ad una distanza dalla sorgente maggiore della quantità r eguale alla maggiore fra le quantità $\lambda\ e\ \frac{D2}{\lambda}$.

1.1.37 Regione di campo vicino

Regione in prossimità di un'antenna o di altra struttura radiante, in cui i campi elettrico e magnetico non presentano la caratteristica dell'onda piana, ma variano notevolmente da punto a punto. La regione di campo vicino si suddivide ancora in regione reattiva $\left(r < \frac{\lambda}{10}\right)$, che è la più vicina alla struttura radiante e che contiene buona parte dell'energia immagazzinata e la regione radiante in cui il campo di radiazione predomina su quello reattivo, ma si scosta sostanzialmente dall'onda piana e ha configurazione complessa.

1.1.38 Tempo di media (tm)

Intervallo di tempo su cui è mediata l'esposizione allo scopo di determinare il rispetto dei limiti.

1.1.39 Valore efficace (root-mean-square [rms])

Valore efficace di una grandezza fisica, a(t), che varia nel tempo con periodo T. Esso si ottiene calcolando la radice quadrata del valore medio rispetto al tempo del quadrato della funzione che descrive la grandezza stessa nel modo seguente:

$$A_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \times \int_T a^2\,(t)dt}$$

1.1.40 Asse della linea elettrica

E' il piano verticale passante per i punti centrali delle basi dei due sostegni di estremità di ogni campata costituente la linea ovvero per il conduttore centrale di una linea aerea a bandiera o di una terna di cavi interrati.

1.1.41 Centro geometrico dei conduttori

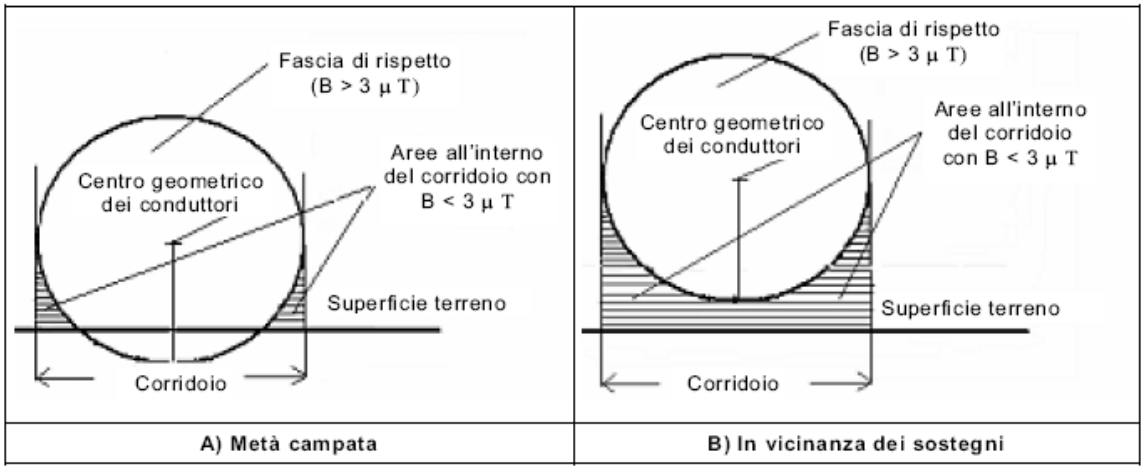
Si assume come centro geometrico dei conduttori il baricentro del triangolo determinato dall'intersezione di un piano (x, y) ortogonale ai tre conduttori di fase della linea e avente come vertici i centri di tali conduttori o dei fasci nel caso di conduttori a fascio. Nella Figura 1 è schematizzata la costruzione di detto centro geometrico, richiamando, per comodità, le formule che esprimono le sue coordinate G (xG, yG) in funzione delle coordinate dei vertici del triangolo A (x1, y1), B (x2, y2), C (x3, y3).

1.1.42 Fascia di rispetto

È lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.

Salvo situazioni particolari, nel caso di linee elettriche aeree in conduttori nudi e di cavi interrati unipolari, i conduttori si mantengono tra di loro paralleli; quindi, lo spazio comprendente tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un determinato valore definiscono attorno ai conduttori un volume, centrato sul baricentro dei conduttori stessi, la cui sezione trasversale ha forma e dimensione dipendenti dalla geometria della linea, dall'intensità della corrente e dal valore dell'induzione magnetica prescelto. Ad esempio, la Figura 2 illustra come nell'intorno di una linea a 380 kV a semplice terna, per il valore di corrente considerato, la suddetta sezione trasversale tende a diventare sempre più simile ad un cerchio col diminuire del valore prescelto per l'induzione magnetica.

Si noti che, anche per effetto della disposizione dei conduttori secondo una catenaria, la proiezione al suolo lungo tutta la linea, dei punti più esterni dell'isolinea relativa al valore dell'induzione magnetica di 3 μT, delimita una striscia di terreno (o corridoio) che presenta al suo interno non solo zone interessate da valori di induzione magnetica superiori all'obiettivo di qualità di 3 μT ma anche aree, più o meno estese a seconda dell'altezza da terra dei conduttori, in cui l'induzione magnetica è inferiore a tale valore.



Fasce di rispetto, corridoi e aree all'esterno delle fasce di rispetto ma all'interno dei corridoi con valori di induzione magnetica inferiori all'obiettivo di qualità: confronto tra le situazioni a metà campata e in vicinanza dei sostegni (CEI 106-11).

Questo aspetto va tenuto presente qualora si volesse, per motivi di praticità ed in via preliminare (ad esempio per individuare più semplicemente e rapidamente le possibili situazioni critiche), calcolare l'ampiezza di tale striscia di terreno quale indice conservativo della fascia di rispetto. Sul piano pratico-applicativo si potrebbe suggerire un approccio a due livelli che consenta da un lato di utilizzare il calcolo della suddetta striscia di terreno come proiezione al suolo della fascia di rispetto (larghezza costante ecc.) e dall'altro di evitare misure eccessivamente ed ingiustificatamente penalizzanti per l'uso del territorio, demandando la verifica precisa dei valori di campo ad una successiva, più accurata, valutazione.

1.1.43 Tratte omogenee di una linea

Insieme di campate successive di una linea aerea caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione reciproca dei conduttori nello spazio (realizzate con lo stesso tipo di sostegno), ovvero di tratte di cavo interrato caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione di posa dei cavi.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa Comunitaria

Raccomandazione del Consiglio 519/1999/CE del 12 Luglio 1999 recante “Limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300GHz”.

Con essa il Consiglio fornisce agli stati membri i valori relativi ai limiti base ed ai livelli di riferimento, così come definiti dall’ICNIRP (International Commission Non Ionizing Radiation Protection) nelle proprie linee guida.

2.2 Normativa Nazionale

- D.P.C.M. 23 Aprile 1992 “Limiti massimi d’esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50Hz) negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno.
- D.M. 10 Settembre 1998 n. 381 “Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana”.
- Documento interministeriale, di cui al Decreto del Ministero dell’Ambiente 2 giugno 1997, relativo alle linee guida applicative del D.M. 10 Settembre 1998 n. 381.
- Legge 22 Febbraio 2001 n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”
- D.P.C.M. 8 Luglio 2003 “Fissazione dei limiti d’esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti.
- DM 29 maggio 2008, GU n.156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.

2.3 Norme CEI

- Norma CEI 211-4 del 1996 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”
- Norma CEI 211-6 del 2001 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0Hz— 10kHz.
- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art.6). Parte I”

3 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISIMA FREQUENZA

3.1 Introduzione

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e l'Associazione Internazionale per le Protezioni Radiologiche (IRPA) definiscono con l'acronimo "ELF" (Extremely Low Frequency) i campi elettromagnetici sinusoidali a frequenze comprese fra 30 e 300 Hz, il cui campo magnetico alle basse frequenze viene usualmente espresso come densità di flusso magnetico in tesla (T) o meglio in sottomultipli millitesla e microtesla (mT, μT).

In tale ambito, in considerazione di possibili effetti sanitari attribuibili all'esposizione ai campi elettrici e magnetici presenti nelle vicinanze di linee di trasmissione ad alta tensione, la frequenza di maggiore rilevanza protezionistica è quella di 50 Hz (frequenza di rete) adottata in Italia e in Europa e quella di 60Hz in uso negli Stati Uniti e in Canada.

3.2 Normative

Alle basse frequenze, e precisamente per quella di rete 50 Hz, per i lavoratori le raccomandazioni dell'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) indicano un limite di 500 μT (micro tesla) per l'induzione magnetica, mentre per quanto riguarda la popolazione si può fare riferimento ai livelli previsti nella Raccomandazione Europea del 12/7/1999 e al limite di esposizione pari a 100 μT stabilito dal "D.P.C.M. 8 luglio 2003. "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti". È da tener presente che quest'ultimo è espressamente riferito al problema della esposizione a campi derivanti dalla generazione, trasformazione e trasporto dell'energia elettrica.

Sempre nello stesso decreto, nell'art. 3 al comma 2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3.3 Art. 4. Obiettivi di qualità

Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualita' di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3.4 Art. 6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

L'APAT, sentite l'ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

4 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISIMA FREQUENZA

Per il calcolo della fascia di rispetto così come definita precedentemente occorre che si conoscano i seguenti dati (che dovranno essere acquisiti per tratte omogenee di linea):

- portata in corrente in servizio normale (che deve essere dichiarata dal gestore della linea);
- numero e tipologia dei conduttori aerei o dei cavi interrati, loro disposizione relativa e sistema di riferimento rispetto all'asse della linea;
- condizioni di fase relativa delle correnti elettriche.
- Inoltre, anche se non strettamente indispensabili per la determinazione della fascia di rispetto, ma allo scopo di verificare con precisione il rispetto dell'obiettivo di qualità, ove necessario all'interno delle fasce di rispetto, è necessario conoscere anche i seguenti parametri.
- altezza dei conduttori all'attacco ai sostegni e lunghezza delle campate;
- altezza dei conduttori sul suolo nelle condizioni di temperatura di progetto di cui al DM 21 marzo 1988 n°449 e norma CEI 11-4, Articolo. 2.2.04, ipotesi 3 (55 °C per le linee in zona A e 40 °C per le linee in zona B), con catenaria verticale.

Per ciò che attiene esclusivamente alla metodologia di calcolo per la determinazione della striscia di terreno precedentemente citata, risulta possibile desumere le indicazioni geometriche sul posizionamento reciproco dei conduttori anche avvalendosi di una misurazione strumentale diretta.

4.1 Introduzione

Il modello normalizzato per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica aerea è quello descritto nella norma CEI 211-4, che viene considerato applicabile anche alle linee in cavo interrato.

Si tratta di un modello bidimensionale che applica la legge di Biot e Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

- tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori aerei o dei cavi e, nel caso dei conduttori aerei a fascio, negli assi centrali dei fasci, cioè negli assi dei cilindri aventi come generatrici gli assi dei subconduttori dei fasci;
- per le linee aeree non vengono considerate le correnti indotte nelle funi di guardia in quanto il loro effetto sull'induzione magnetica è ritenuto trascurabile; analogamente per le linee in cavo interrato non si tiene conto delle correnti indotte negli schermi;
- il suolo è considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi si trascurano le immagini dei conduttori rispetto al suolo, che alla frequenza industriale risultano a profondità molto elevate;

Il modello bidimensionale considerato, con le schematizzazioni sopra elencate, fornisce risultati del tutto accettabili per la maggior parte delle situazioni riscontrabili per le linee aeree e in cavo.

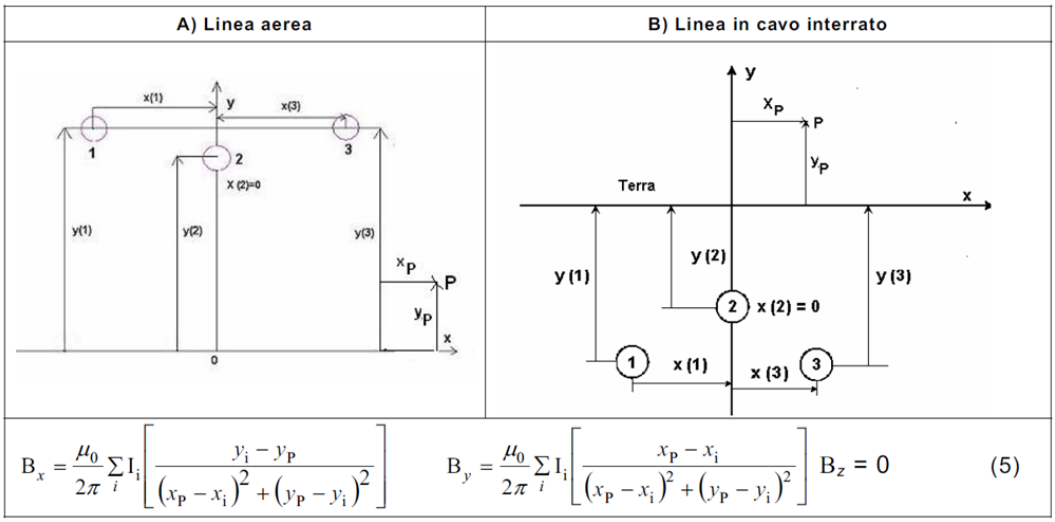
L'algoritmo di calcolo considera in sintesi i seguenti passi:

1. i valori efficaci e le fasi delle correnti sinusoidali sui conduttori sono rappresentati attraverso fasori (numeri complessi): Ii è il fasore della corrente i; sul conduttore i;
2. con riferimento ad un generico punto di coordinate (xP, yP) sul piano ortogonale ai conduttori si calcolano i fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica totale Bx e By attraverso le formule riportate nella Figura 4, nella quale è anche illustrato il significato dei simboli usati nelle formule stesse, con riferimento alle linee aeree e a quelle in cavo interrato; per queste ultime la profondità di posa dei cavi (coordinata del centro geometrico di ciascun cavo) va introdotta con il segno negativo; per semplicità e maggior chiarezza, gli schemi riportati si riferiscono a linee a semplice terna, ma

ovviamente le formule sotto riportate valgono per linee a doppia terna, introducendo opportunamente i fasori delle correnti in modo da rappresentare la disposizione delle fasi;

3. il valore efficace dell'induzione B magnetica viene ottenuto con la formula già sopra illustrata:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$



Schematizzazione delle linee aeree e in cavo interrato e formule per la determinazione dei fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica.

4.2 Formule analitiche approssimate (CE 106-11)

In alternativa all'utilizzazione del modello di calcolo normalizzato sopra descritto, che richiede l'uso di codici di calcolo, seppur relativamente semplici, si può ricorrere a formule analitiche approssimate, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico dei conduttori della linea elettrica o reciprocamente la distanza da tale centro geometrico a cui si verifica un prefissato valore di induzione magnetica: esse sono pertanto molto utili per valutazioni approssimate e immediate delle fasce di rispetto delle linee aeree e in cavo interrato.

Tali formule derivano dalla considerazione che l'induzione magnetica generata da un sistema di conduttori di lunghezza infinita e tra di loro paralleli può essere espresso dalla scomposizione in serie della legge di Biot-Savart e che, per punti relativamente lontani dai conduttori, quali quelli di interesse per la valutazione delle fasce di rispetto a 3 μT, lo sviluppo in serie può essere troncato al primo termine con un'approssimazione tanto più accettabile tanto più è elevata la distanza dai conduttori. Con questa approssimazione le curve isolivello dell'induzione magnetica sono le circonferenze aventi per centro il centro geometrico dei conduttori.

4.3 Linee aeree trifase a semplice terna (CEI 106-11 – Rif. 6.2.1)

Formule approssimate per una terna di conduttori disposti a triangolo

Per una terna di conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero con distanza tra i conduttori pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B [μT] in un punto distante R [m] dal baricentro dei tre conduttori, con R >> S, è data dalla seguente equazione approssimata:

$$B = 0{,}1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Dalla equazione suddetta si ricava la distanza R' corrispondente ad un valore di B pari a 3 μT (micro tesla):

$$R' = 0{,}286 \times \sqrt{S \times I} \quad [m]$$

Nel caso di linee reali con disposizione geometrica dei conduttori assimilabile alla disposizione a triangolo, come parametro S si assume la media delle distanze tra i tre conduttori (SA, B; SB, C; SA, C).

5 LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Il sito si colloca in un'area del Comune di Settimo Milanese ricadente tra gli ambiti di trasformazione (con ristrutturazione urbanistica e destinati ad attività produttive) disciplinati dal Documento di Piano del PGT.

Gli interventi in progetto riguardano il comparto industriale della "Ex Italtel", oggi dismesso e in disuso, che si colloca in prossimità del confine con il Comune di Cornaredo (MI) e per cui è stato elaborato uno specifico Piano Attuativo denominato "Castelletto Uno".

Il progetto si colloca esternamente al Parco Agricolo Sud di Milano.

In prossimità del sito è presente il Parco Storico Castelletto al cui interno sorge Villa Litta Modignani, bene architettonico non vincolato ma giudicato meritevole di conservazione.

L'area di progetto non interessa alcun elemento della Rete Ecologica Regionale e Provinciale.

Accanto al lotto di progetto è presente il Fontanile del Testiole, la cui fascia di rispetto risulta esterna all'area oggetto di intervento.

5.1 Inquadramento geografico dell'area

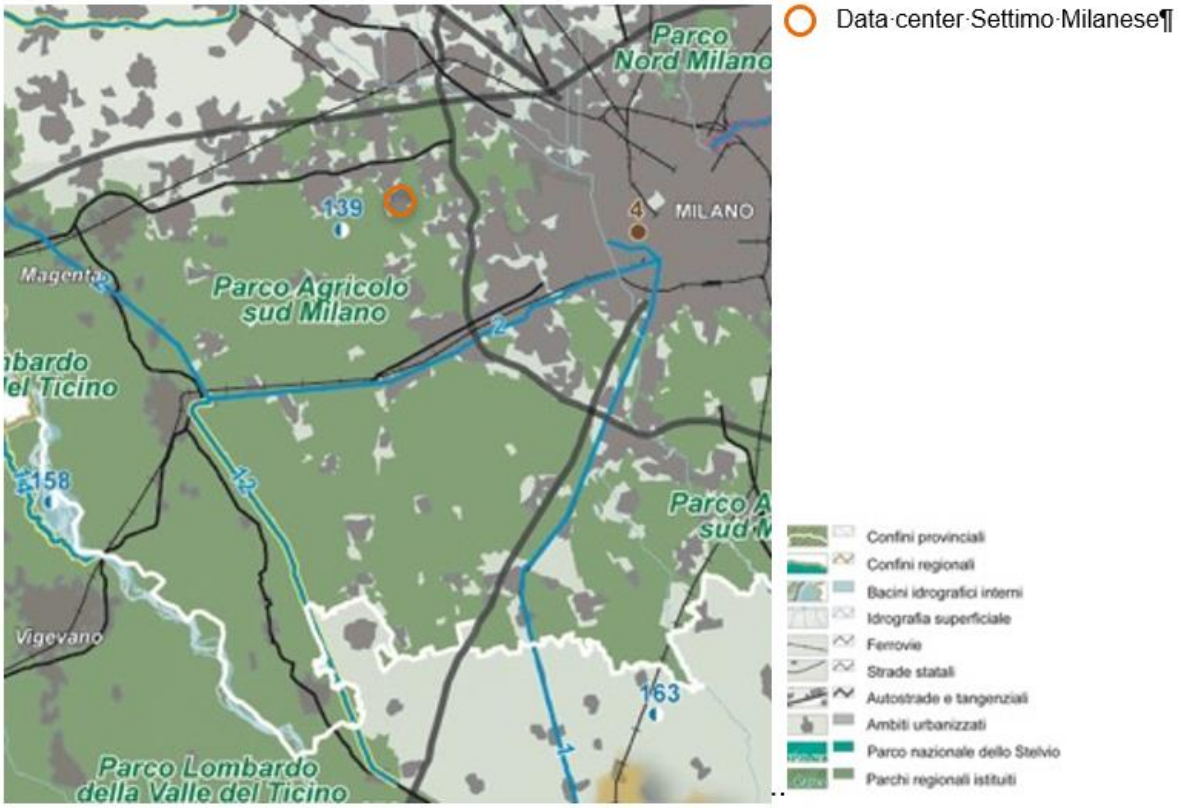


Tavola D "Quadro di riferimento della disciplina paesaggistica regionale

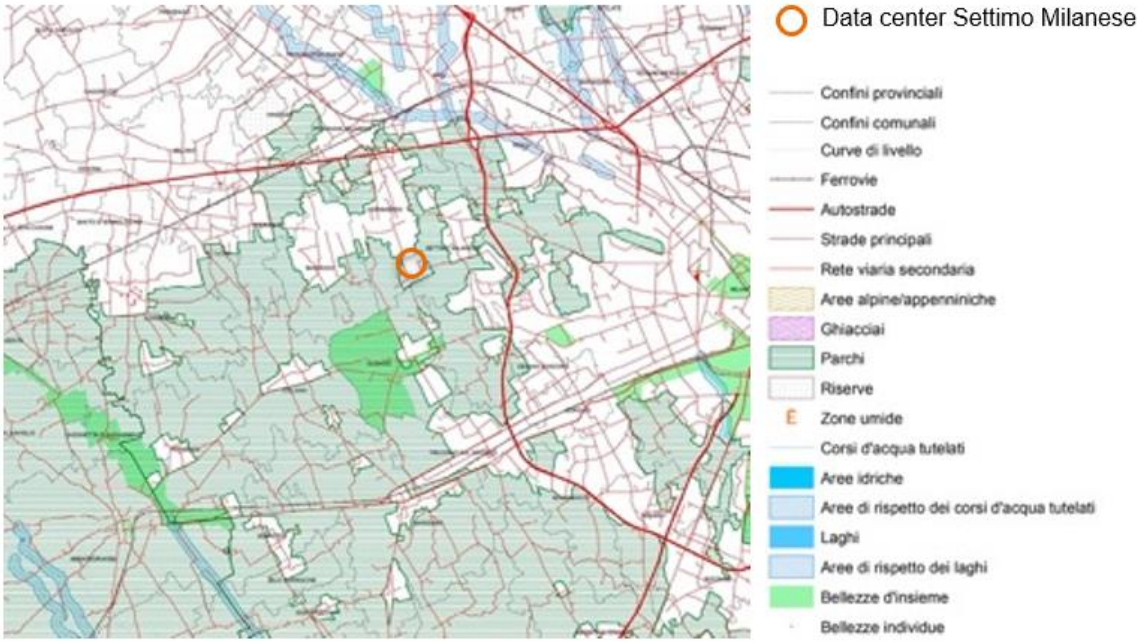


Tavola I "Quadro sinottico Tutele Paesaggistiche di Legge – Articoli 136 e 142 D.Lgs.42/04

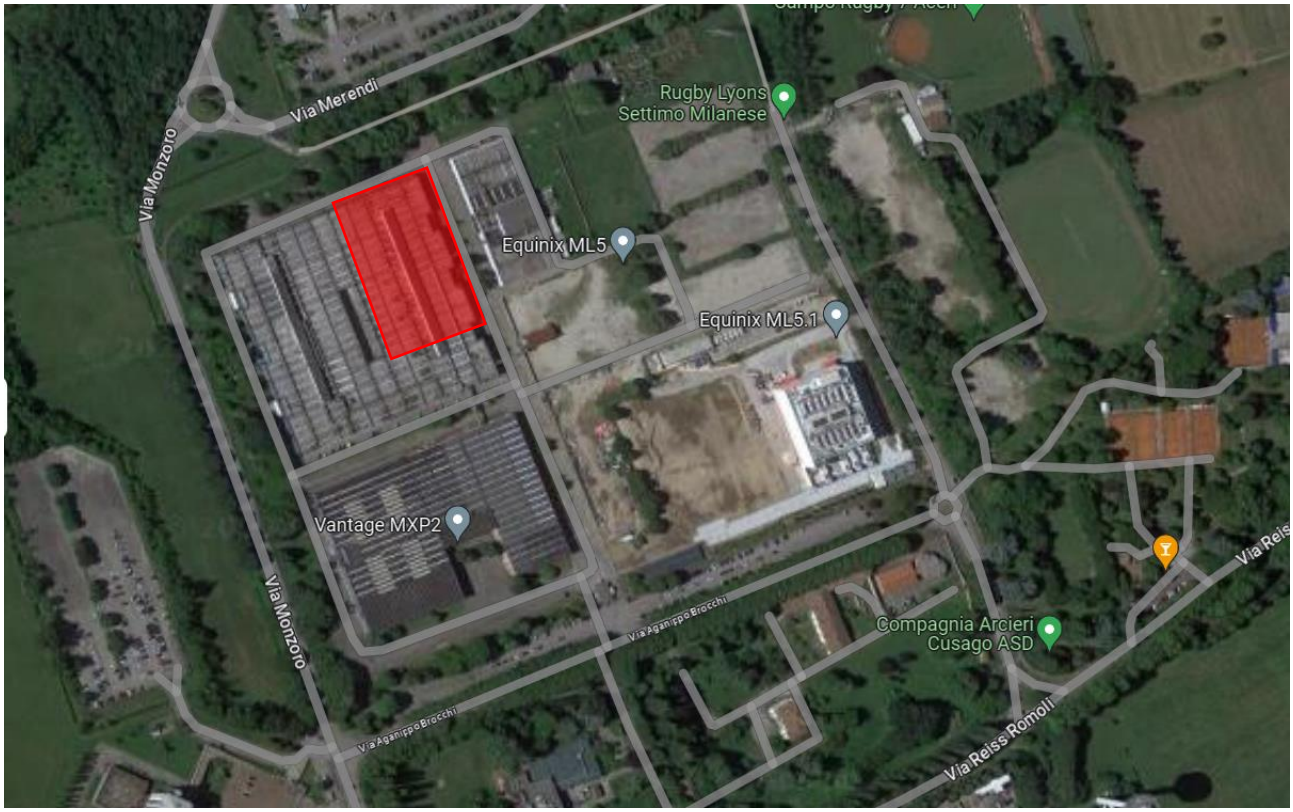
Il sito ricade in classe V rispetto alla Zonizzazione acustica comunale.

Ciascuno dei due Datacenter sarà composto dalle seguenti aree funzionali, tutte interconnesse e direttamente comunicanti tra di loro:

- Area Amministrativa, distribuita su cinque piani fuori terra.
- Area di carico al piano terra.
- Area Server, distribuita su quattro piani fuori terra.
- Aree Tecniche (gruppi elettrogeni, serbatoi di carburante interrati, locali tecnici elettrici, locale tecnico pompe, impianti di ventilazione).
- Strade, Parcheggi e Aree Verdi.

Per l'alimentazione dell'edificio è prevista una connessione alla rete di alta tensione del Distributore locale, una sottostazione di trasformazione interna AT/MT e delle cabine dedicate per l'immissione nella rete interna all'edificio. Da ciascuna cabina è derivata una stringa di alimentazione in bassa tensione. In alcune stringhe è prevista l'installazione di UPS per lo stoccaggio di energia in accumulatori statici (batterie) al litio. Tale energia viene poi utilizzata per garantire l'alimentazione in continuità assoluta delle utenze in modo da non avere alcuna discontinuità nell'alimentazione in caso di brevi mancanze di rete oppure in caso di fuori servizi più lunghi nell'attesa dell'entrata in servizio dei gruppi motogeneratori di soccorso.

L'intervento si colloca in un sito industriale (ex Italtel), parzialmente dismesso, individuato come "Ambito di ristrutturazione urbanistica destinato ad attività produttive" e soggetto a piani attuativi. La riqualificazione dell'intero ambito è iniziata nel 2014 con l'adozione del Programma Integrato di Intervento denominato "Data 4 Italy" (ambito 7A).



Ubicazione approssimativa datacenter ML10x

5.2 Identificazione degli ambiti di trasformazione

Il nuovo Datacenter verrà realizzato in località il Castelletto, nel Comune di Settimo Milanese (MI). L'accesso principale al sito sarà dalla via Privata Marisa Bellisario, direttamente collegata alla viabilità comunale (Via Reiss Romoli).

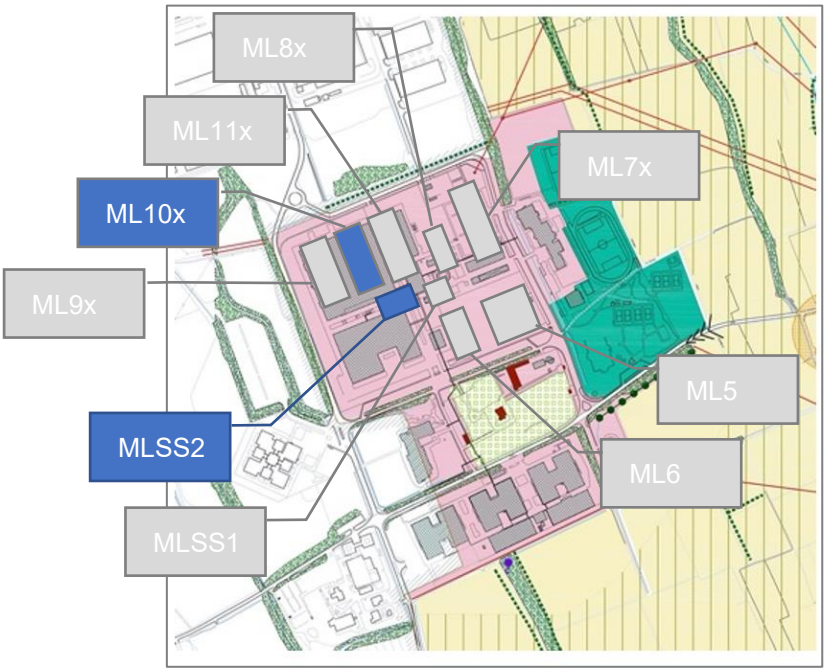
Le principali coordinate Gauss-Boaga del progetto sono riportate di seguito:

- Ingresso principale: N 45.477108,16; E 9.033092.

Il Comune di Settimo Milanese si trova immediatamente a ovest di Milano, fra il tracciato della A50 "Tangenziale Ovest di Milano" in prossimità dell'uscita 3a e quello della SP11R - Padana Superiore. Il territorio comunale è attraversato in direzione nord-sud dalla SP172 Baggio-Nerviano. Gli insediamenti sono distribuiti intorno alle tre frazioni storiche di Vighignolo a nord, di Settimo Milanese con le cascine Olona e Castelletto in posizione baricentrica e di Seguro con la cascina Gallarata, al confine meridionale del territorio comunale.

A sud e a est del nucleo residenziale, in prossimità della A50 "Tangenziale Ovest di Milano" e al confine con il Comune di Milano, si riscontra la presenza di insediamenti produttivi. Un'ulteriore area industriale (ex Italtel) si colloca a ovest, in corrispondenza della cascina Castelletto. L'area industriale, dismessa, sta attraversando una fase di trasformazione e conversione con la realizzazione di data center afferenti a diverse società.

Nella Figura di seguito si riporta un estratto della Carta dell'inquadramento territoriale del PGT del comune di Settimo Milanese con la localizzazione del data center all'interno del "Tessuto urbano consolidato non residenziale".



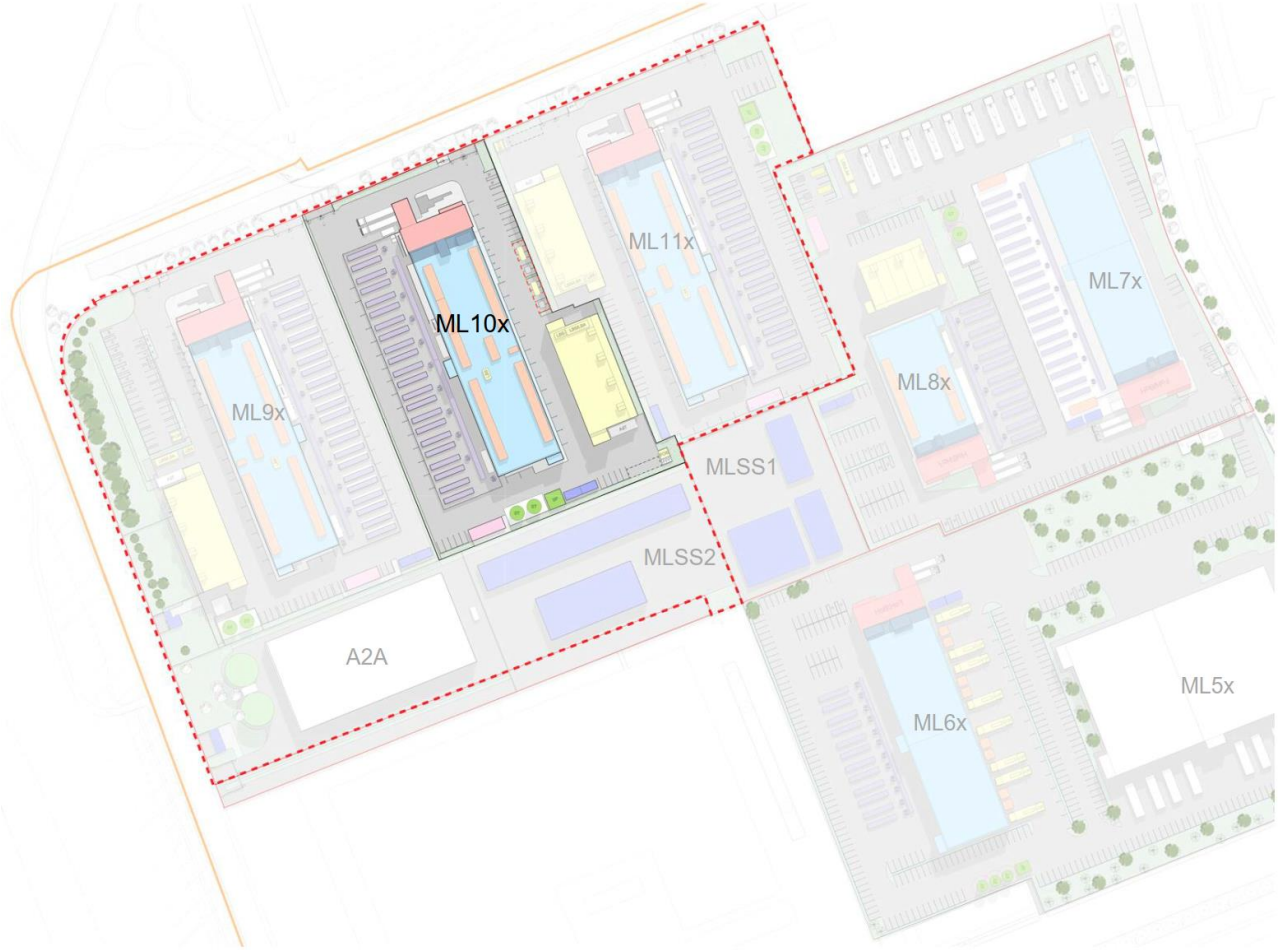
Localizzazione Datacenter EQUINIX di Settimo Milanese

(Per completezza sono riportati in grigio gli edifici facenti parte del Campus ma non oggetto di questa analisi)

Nell'area "ex-Italtel" Equinix intende realizzare diversi edifici ad uso datacenter alimentati tramite due sottostazioni interne al complesso: la prima denominata MLSS1 sarà alimentata a 132 KV dalla sottostazione di Terna Denominata 'Baggio' posta a circa 3 km dal sito mentre la seconda, denominata MLSS2, sarà alimentata a 220 KV dalla sottostazione Terna posta nelle vicinanze del sito a circa 300 metri dal perimetro nord.

I cavidotti di alimentazione saranno tutti in doppia terna per garantire la continuità di esercizio in caso di guasto su una delle due linee.

Identificazione edificio	Stato Edificio	Sottostazione di alimentazione dell' Edificio	Tensione di alimentazione sottostazione
Equinix ML10x	In realizzazione	MLSS2	220 kV



Cavidotto linea alta tensione per MLSS2 da Sottostazione Terna Futura

6 ANALISI TECNICA

I datacenter Equinix sono ideati per fornire servizi di colocation e housing di server dei clienti che hanno necessità di affidare i propri dati ad un partner in grado di garantirne la massima sicurezza.

Le sale dati che ospitano i server dei clienti Equinix sono ambienti ad alto contenuto tecnologico e garantiscono alimentazione elettrica continua ed affilabile, nonché il pieno controllo delle condizioni ambientali (temperatura e umidità).

Per garantire la continuità di questi servizi, le facility di Equinix operano normalmente connesse alla rete elettrica nazionale e alimentano tutti gli apparati mediante energia prodotta al 100% da fonti rinnovabili.

Nei soli rari casi in cui la rete elettrica nazionale non si in grado di garantire la continuità del servizio elettrico a cause di guasti di rete, le facility sono supportate da gruppi elettrogeni alimentati a gasolio e dotati di filtri per l'abbattimento dei principali inquinanti.

6.1 Descrizione del sito e degli edifici

L'area di progetto, di forma indicativamente quadrangolare, prevede due ingressi al sito, entrambi a nord lungo la strada Privata Marisa Bellisario.

A sud ovest, su via Monzoro, si colloca la cabina di trasformazione temporanea Enel che, per esigenze di accessibilità da parte del distributore, risulta collocata direttamente sul fronte stradale. All'interno dell'area si collocano i due edifici principali posti lungo l'asse Nord-Sud e paralleli a Via Monzoro.

Il Data Center denominato ML10x si compone di due macro aree: l'area più grande, dedicata alle sale server, e la porzione frontale dell'edificio contenente gli uffici. Queste due aree sono separate da una zona d'interfaccia nella quale sono collocati i vani di collegamento verticale: due montacarichi, un ascensore e la scala principale interna.

La porzione dedicata agli uffici si compone di 5 piani con interpiano di circa 3.5 metri per tutti i piani escluso il piano terra che risulta invece avere un interpiano di 5.3 metri. L'area uffici è servita da un sistema di ventilazione e condizionamento meccanico, nonché illuminazione artificiale per garantire un adeguato comfort per le funzioni che qui si svolgeranno.

Al piano terra sono collocate le funzioni logistiche del data center: un'ampia area infatti è stata dedicata al carico/scarico merci e stoccaggio di materiale. Per facilitare le operazioni logistiche, all'esterno, è stata predisposta una pensilina per coprire la piattaforma di carico/scarico leggermente soprelevata rispetto al livello esterno. La restante parte del piano terra è invece dedicata all'accoglienza di clienti ed ospiti. Ai piani superiori si trovano ampi spazi che ospitano uffici e depositi.

L'area server è invece articolata in 4 piani fuori terra tutti con altezza interpiano di 5.3 metri. Su ogni piano del Centro Dati si trovano due aree server con in mezzo il locale di raffreddamento (Cool Spine) costituito da due pareti di batterie di ventilatori e radiatori, deputate al raffreddamento dell'intero piano. Su ogni piano si trovano inoltre i locali dei trasformatori e quadri elettici che provvedono a mantenere in funzione l'intero edificio. Per ogni area server è stato predisposto inoltre un locale batterie in grado di mantenere la continuità elettrica per i server.

Data la particolare funzione degli edifici, gli impianti ausiliari risultano essere numerosi e sono stati collocati principalmente a livello stradale.

Nell'edificio tecnico posto a est dell'edificio datacenter si ha un edificio dedicato ai generatori dove sono stati collocati 16 gruppi elettrogeni di emergenza a servizio di ML10x. Ciascun gruppo è provvisto di due serbatoi di gasolio nello spazio immediatamente sottostante. Sulla copertura del edificio dei generatori è stato anche previsto un "loadbank" che verrà utilizzato, saltuariamente, per testare l'efficienza delle apparecchiature.

6.2 Alimentazione elettrica

Per l'alimentazione dell'edificio è prevista una connessione a 11 kV per mezzo di due trasformatori MV/MV e distribuita nella rete interna all'edificio che prevede le cabine dedicate all'alimentazione dei carichi IT (cabine eWall), le cabine dedicate all'alimentazione dei circuiti ausiliari e di condizionamento (cabine meWall) ed una cabina ridondante che può essere utilizzata come back-up per l'alimentazione dei carichi critici, garantendo in tal modo la messa fuori servizio di porzioni di impianto mantenendo la continuità di alimentazione.

Non appena la sottostazione denominata MLSS2 sarà collaudata positivamente e pronta a erogare energia, il sito di ML10X sarà collegato ad essa in via definitiva, in modo da ricevere tensione a 11 kV.

Tutte le cabine contengono un quadro di media tensione ed un trasformatore abbassatore 11/0,415 kV. Nei quadri di media tensione avviene la commutazione con la sorgente di alimentazione di riserva, ovvero dei gruppi elettrogeni con motore primo a gasolio.

Da ciascuna cabina è derivata una stringa di alimentazione in bassa tensione a 415 V e 50 Hz per l'alimentazione dei carichi finali. In alcune stringhe è prevista l'installazione di UPS (Uninterruptible Power Supply) per lo stoccaggio di energia in accumulatori statici (batterie) al litio. Tale energia viene poi utilizzata per garantire l'alimentazione in continuità assoluta delle utenze in modo da non avere alcuna discontinuità nell'alimentazione in caso di brevi mancanze di rete oppure in caso di fuori servizi più lunghi nell'attesa dell'entrata in servizio dei gruppi motogeneratori di soccorso.

L'alimentazione di emergenza di soccorso, proveniente dalla stringa redundant, è distribuita mediante cavi o condotti sbarre prefabbricati sino a quadri finali o a commutatori di rete automatici (ATS: automatic transfer switch o STS: static transfer switch), in grado di selezionare autonomamente la migliore sorgente di alimentazione in base alla sua disponibilità ed alla sua qualità.

7 IMPIANTO – SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Di seguito, sono riportate le caratteristiche tecniche ed i valori specifici relativi ai cavi Prysmian RG7H1R, RG26H1M16, in base ai quali sono stati effettuati i calcoli di progetto.

LTC
Media tensione - Energia

TRISECUR®
HalogenFree
Pb Free

SLIMPOWER PLUS HT 105
RG26H1M16-12/20 kV
RG26H1M16-18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici fisici e meccanici:	CEI UNEL 35334
	IEC 60502 (p.q.a.)
	CEI 20-13
	HD 620
Resistenza agli idrocarburi:	CEI 20-34/0-1

REAZIONE AL FUOCO

CONFORME CPR
REGOLAMENTO 305/2011/UE

Norma:	EN 60575:2014+A1:2016
Classe:	C_{ca}-s1b, d1, a1
Classificazione: (CEI UNEL 35016)	EN 13501-6
Emissione di calore e fumi durante lo sviluppo della fiamma	EN 50399
Propagazione della fiamma verticale:	EN 60332-1-2
Gas corrosivi e alogenidrici:	EN 60754-2
Densità dei fumi (trasmittanza):	EN 61034-2
Organismo Notificato:	0051 - IMQ
CE	2019

www.lettriverstapsu.com

CE

revisione n° 003 data 28/04/21

Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G26, a spessore ridotto, con temperatura massima di esercizio di 105°C.
  Un'elevata temperatura di esercizio ne consente l'impiego con un sovraccarico del 10% circa in esercizio continuo e/o maggiori margini in situazioni critiche rispetto ai cavi tradizionali.
- Conduttore: rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
- Isolamento (spessore ridotto): gomma, qualità G26 senza piombo (HD 620 DIH 2)
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale
- Guaina: termoplastica LS0H, qualità M16
- Colore: rosso

LS0H = Low Smoke Zero Halogen

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG26H1M16X seguita dalla tensione nominale di esercizio.

Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 14 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm^2 di sezione del rame

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio
  RG26H1M16-12/20 kV: Uo/U 12/20 kV
  RG26H1M16-18/30 kV: Uo/U 18/30 kV
- Tensione massima di esercizio
  RG26H1M16-12/20 kV: Um 24 kV
  RG26H1M16-18/30 kV: Um 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 105°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C
  (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 300°C

Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze; particolarmente indicati nei luoghi con pericolo d'incendio, nei locali dove si concentrano apparecchiature, quadri e strumentazioni dove è fondamentale la loro salvaguardia. Per posa in aria libera, in tubo o canale.
Ammessa la posa interrata, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011/UE e Norma EN 50575:
Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

Marcatura

Pb free [Ditta] RG26H1M16 SLIMPOWER PLUS HT105 12/20 kV Cca-s1b,d1,a1 [form.] [anno] [ordine] [metrica]
Pb free [Ditta] RG26H1M16 SLIMPOWER PLUS HT105 18/30 kV Cca-s1b,d1,a1 [form.] [anno] [ordine] [metrica]

RG26H1M16 - 18/30 kV
Uo/U: 18/30 kV
U max: 36 kV

RG26H1M16-18/30 kV / Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo esterno	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
						in aria		interrato*	
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 35	7,0	7,7	1,9	31,8	940	215	248	200	206
1 x 50	8,1	7,7	2,0	32,9	1450	256	290	231	240
1 x 70	9,7	7,1	2,0	33,3	1640	319	360	284	294
1 x 95	11,4	6,7	2,0	34,2	1900	389	441	339	351
1 x 120	13,0	6,4	2,0	35,2	2150	449	507	387	400
1 x 150	14,3	6,2	2,1	36,1	2440	506	576	432	448
1 x 185	16,0	6,0	2,1	37,4	2825	582	661	489	507
1 x 240	18,3	6,0	2,2	39,7	3420	689	775	567	583
1 x 300	20,6	6,1	2,3	42,6	4140	790	884	640	654
1 x 400	23,4	6,2	2,4	45,6	5165	915	1063	727	758
1 x 500	26,6	6,3	2,5	49,0	6240	1060	1237	825	861
1 x 630	30,1	6,4	2,5	52,7	7665	1220	1424	930	974

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:
- Resistività termica del terreno: 1 K·m/W
- Temperatura ambiente 20°C
- profindità di posa: 0,8 m

RG26H1M16-18/30 kV / Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 105°C e 50Hz Ω/km		Reattanza di fase Ω/Km		Capacità a 50Hz
n° x mm²	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	µF/km
1 x 35	0,524	0,665	0,665	0,13	0,20	0,13
1 x 50	0,387	0,516	0,516	0,14	0,20	0,15
1 x 70	0,268	0,358	0,358	0,13	0,19	0,17
1 x 95	0,193	0,258	0,258	0,12	0,18	0,19
1 x 120	0,153	0,205	0,205	0,12	0,18	0,22
1 x 150	0,124	0,166	0,166	0,11	0,17	0,24
1 x 185	0,0991	0,133	0,133	0,11	0,17	0,27
1 x 240	0,0754	0,102	0,102	0,10	0,16	0,30
1 x 300	0,0601	0,082	0,082	0,10	0,16	0,34
1 x 400	0,0470	0,065	0,065	0,0999	0,16	0,38
1 x 500	0,0366	0,053	0,052	0,095	0,15	0,42
1 x 630	0,0283	0,043	0,041	0,093	0,15	0,47

revisione n° 003 data 28/04/21

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / *MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA*

RESISTENZA E REATTANZA
RESISTANCE AND REACTANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico / *Cables insulated with elastomeric compounds*

Resistenza apparente del conduttore (rame rosso) (alluminio) a 50 Hz e a 90 °C
Apparent resistance of red conductor (bare copper) (aluminium) at 50 Hz and at 90 °C

sezione nominale	CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio								CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni		CAVI TRIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni	
conductor cross-section	*SINGLE CORE CABLES copper-aluminium conductor*								*SINGLE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage*		*THREE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage*	
(mm²)	1,8/3 kV - 3,6/6 kV (Ω/km)		6/10 kV - 8,7/15 kV (Ω/km)		12/20 kV - 18/30 kV (Ω/km)		26/45 kV (Ω/km)		(Ω/km)		(Ω/km)	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
10	2,330	3,9100	2,3300	3,9100	-	-	-	-	2,330	3,9100	2,3300	3,9100
16	1,470	2,4700	1,4700	2,4700	-	-	-	-	1,470	2,4700	1,4700	2,4700
25	0,929	1,5600	0,9290	1,5600	0,9290	1,5600	-	-	0,929	1,5600	0,9270	1,5600
35	0,670	1,1200	0,6710	1,1300	0,6710	1,1300	-	-	0,670	1,1300	0,6690	1,1200
50	0,495	0,8320	0,4950	0,8320	0,4950	0,8320	-	-	0,495	0,8320	0,4940	0,8320
70	0,347	0,5830	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,344	0,5800	0,3430	0,5760
95	0,248	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,248	0,4160	0,2470	0,4150
120	0,198	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,198	0,3330	0,1960	0,3290
150	0,161	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,161	0,2700	0,1600	0,2690
185	0,130	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,130	0,2180	0,1290	0,2170
240	0,0984	0,1650	0,0983	0,1650	0,0982	0,1650	0,0981	0,1650	0,100	0,1680	0,1000	0,1680
300	0,0789	0,1320	0,0788	0,1320	0,0787	0,1320	0,0786	0,1320	0,081	0,1360	0,0800	0,1340
400	0,0625	0,1050	0,0624	0,1050	0,0623	0,1050	0,0622	0,1050	0,065	0,1090	0,0650	0,1090
500	0,0496	0,0833	0,0494	0,0830	0,0493	0,0828	0,0491	0,0825	0,053	0,0890	0,0536	0,0900
630	0,0396	0,0665	0,0394	0,0662	0,0393	0,0662	0,0391	0,0657	0,044	0,0739	-	-

Reattanza di fase a 50 Hz / *Phase reactance at 50 Hz*

sezione nominale	CAVI UNIPOLARI (VALORI MEDI)						
	SINGLE CORE CABLES (AVERAGE VALUES)						
conductor cross-section (mm²)	1,8/3 kV (Ω/km)	3,6/6 kV (Ω/km)	6/10 kV (Ω/km)	8,7/15 kV (Ω/km)	12/20 kV (Ω/km)	18/30 kV (Ω/km)	26/45 kV (Ω/km)
10	0,19	0,20	0,21	-	-	-	-
16	0,18	0,19	0,20	0,21	-	-	-
25	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	-	-
35	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	-
50	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	-
70	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
95	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20
120	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19
150	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19
185	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18
240	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,18
300	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17
400	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17
500	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17
630	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16

Note / *Notes:*
Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

CAPACITÀ
CAPACITANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico (HEPR) / *Cables insulated with elastomeric compounds (HEPR)*

Capacità / *Capacitance*

sezione nominale	schermati	armati	schermati	armati					
conductor cross-section	*shielded*	*armoured*	*shielded*	*armoured*					
	1,8/3 kV		*3,6/6 kV*		*6/10 kV*	*8,7/15 kV*	*12/20 kV*	*18/30 kV*	*26/45 kV*
(mm²)	(μF/km)	(μF/km)	(μF/km)	(μF/km)	(μF/km)	(μF/km)	(μF/km)	(μF/km)	(μF/km)
10	0,20	0,16	0,21	0,14	0,17	-	-	-	-
16	0,27	0,18	0,23	0,16	0,19	0,17	-	-	-
25	0,28	0,21	0,27	0,18	0,20	0,19	0,18	-	-
35	0,32	0,23	0,30	0,19	0,24	0,20	0,17	0,14	-
50	0,36	0,25	0,33	0,22	0,26	0,22	0,19	0,15	-
70	0,42	0,28	0,38	0,24	0,30	0,24	0,21	0,16	0,15
95	0,48	0,30	0,43	0,25	0,34	0,27	0,23	0,18	0,16
120	0,53	0,32	0,47	0,28	0,37	0,29	0,25	0,19	0,17
150	0,58	0,34	0,51	0,29	0,40	0,32	0,27	0,21	0,19
185	0,67	0,37	0,56	0,31	0,43	0,34	0,29	0,22	0,21
240	0,73	0,38	0,61	0,32	0,49	0,39	0,33	0,25	0,23
300	0,81	0,41	0,64	0,35	0,54	0,43	0,36	0,27	0,25
400	0,90	0,44	0,67	0,38	0,59	0,47	0,40	0,29	0,27
500	0,93	0,45	0,70	0,39	0,66	0,52	0,44	0,32	0,30
630	0,97	-	0,80	-	0,76	0,59	0,50	0,37	0,33

Note / *Notes:*
Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

Cavi isolati in polietilene reticolato (XLPE) / *Cables insulated with cross-linked polyethylene (XLPE)*

Capacità / *Capacitance*

sezione nominale	12/20 kV	18/30 kV
conductor cross-section		
(mm²)	(μF/km)	(μF/km)
35	0,17	-
50	0,18	0,14
70	0,21	0,16
95	0,23	0,17
120	0,25	0,19
150	0,27	0,20
185	0,29	0,22
240	0,32	0,24
300	0,36	0,26
400	0,39	0,29
500	0,43	0,32
630	0,49	0,36

Cavi isolati in elastomero termoplastico (HPTE) / *Cables insulated with thermoplastic elastomer (HPTE)*

Capacità / *Capacitance*

sezione nominale	12/20 kV	18/30 kV
conductor cross-section		
(mm²)	(μF/km)	(μF/km)
50	0,19	0,13
70	0,22	0,15
95	0,25	0,17
120	0,28	0,19
150	0,29	0,21
185	0,31	0,23
240	0,35	0,26
300	0,38	0,29
400	0,42	0,32
500	0,46	0,34
630	0,52	0,38

Cavi alta tensione. Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo AE4H5E 127/220 kV
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U) kV 127/220
- Tensione massima permanente di esercizio (Um) kV 220
- Sezione nominale 1 x mm² 1200 (singoli conduttori)
- isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo in nastro di alluminio saldato longitudinalmente, guaina esterna di polietilene lineare nera grafitata.

1.Conductor
2.Conductor screen
3.XLPE-insultation
4.Insulation screen
5.Longitudinal water barrier
6.Smooth aluminium sheath
7. PE-sheath with semi-conductive coating

•

ELECTRICAL PARAMETERS

RM – round multiwire conductor

RMS – round multiwire segmented conductor (Milliken construction)

/1 – trefoil formation

/2 – phase distance at flat formation = 2 x cable diameter

/3 – phase distance at flat formation = 70 mm + cable diameter

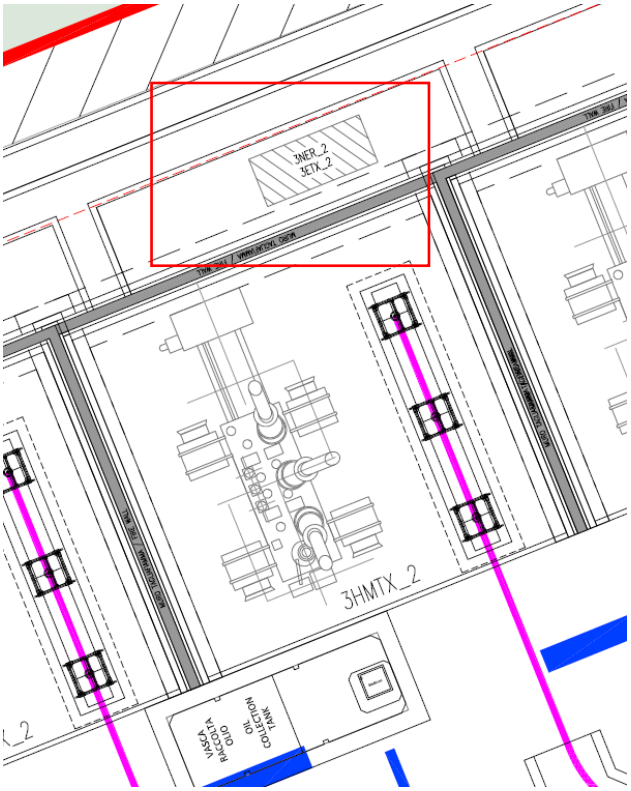
/4 – SPB – Single Point Bonding; CB – Cross-bonding; Both-ends – Both-ends Bonding

Cross-section of conductor	Conductor resistance		Copper screen resistance		Field strengthat conductor screen / insulation	Max. short circuit current		Capacitance	Inductance o o o /1 o o o /2 o o o /3	Ampacity	
										In ground	In air
										SPB, CB /4	o o o / o o o
										Both-ends /4	o o o / o o o
mm²	Ω / km				kV / mm	kA / 1 sec		µF / km	mH / km	A	
1 x 240 RM	0.0754	0.0971	0.215	0.266	7.18 / 2.31	34.32	19.29	0.11	0.490.680.66	570 / 540 505 / 519	745 / 645 659 / 628
1 x 300 RM	0.0601	0.078	0.215	0.266	7.13 / 2.51	42.9	19.29	0.12	0.470.650.64	640 / 610 535 / 580	845 / 746 719 / 719
1 x 400 RM	0.047	0.0617	0.215	0.266	7.05 / 2.77	57.2	19.29	0.14	0.440.630.61	720 / 690 595 / 650	961 / 861 814 / 824
1 x 500 RM	0.0366	0.049	0.215	0.266	7.03 / 3.03	71.5	19.29	0.15	0.420.610.59	825 / 785 650 / 730	1113 / 992 903 / 940
1 x 630 RM	0.0283	0.0391	0.215	0.266	6.70 / 3.15	90.09	19.29	0.17	0.410.590.57	940 / 890 705 / 810	1297 / 1139 998 / 1061
1 x 800 RM	0.0221	0.0321	0.215	0.266	6.47 / 3.23	114.4	19.29	0.18	0.390.580.55	1055 / 995 755 / 885	1486 / 1297 1092 / 1187
1 x 1000 RM	0.0176	0.027	0.215	0.266	6.34 / 3.29	143	19.29	0.19	0.380.570.53	1165 / 1095 800 / 950	1670 / 1449 1181 / 1307
1 x 1200 RMS	0.0151	0.0205	0.215	0.266	6.1 / 3.39	171.6	19.29	0.22	0.370.550.51	1345 / 1280 860 / 1055	1974 / 1733 1302 / 1496
1 x 1400 RMS	0.0129	0.0178	0.215	0.266	6.0 / 3.44	200.2	19.29	0.23	0.360.550.51	1455 / 1385 890 / 1110	2168 / 1890 1365 / 1601
1 x 1600 RMS	0.0113	0.016	0.215	0.266	5.9 / 3.49	228.8	19.29	0.24	0.360.540.50	1550 / 1470 920 / 1155	2347 / 2037 1423 / 1696
1 x 1800 RMS	0.0101	0.0146	0.215	0.266	5.82 / 3.53	257.4	19.29	0.25	0.350.530.49	1627 / 1537 938 / 1187	2485 / 2145 1460 / 1762
1 x 2000 RMS	0.009	0.0134	0.215	0.266	5.76 / 3.56	286	19.29	0.27	0.340.530.48	1705 / 1605 955 / 1220	2625 / 2252 1496 / 1827

All'interno dell'area della sottostazione utente, saranno installati:

- Trasformatori 45/55 MW - AT/MT 220/11,5KV, Vcc 18% per MLSS2

Lungo il perimetro esterno della sottostazione MLSS2 saranno installate cabine di trasformatore di servizio da 250kVA MT/BT 11,5/0,4 KV una per ogni trasformatore AT/MT.



Particolare tipico baia di un trasformatore AT/MT con trasformatore ausiliario

Planimetria di Sottostazione AT/MT di Utente denominata MLSS2

8 DESCRIZIONE DEL CALCOLO DELLA DPA

Detto calcolo previsionale è stato effettuato attraverso il calcolo della DPA di cui al DM 29/05/2008 (ove applicabile) e delle Norma CEI di riferimento (CEI 116-11) sulle sorgenti di campo elettrico e magnetico dovuto a tutti gli impianti elettrici di distribuzione e trasformazione in alta ed in Media Tensione nell' intorno ed asserviti agli edifici dei Datacenter ML10x.

La presente metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate esistenti ed in progetto.

I riferimenti contenuti nell' art.6 del DPCM 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l' obbiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio."

La presente metodologia di calcolo si applica, quindi, agli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee aeree o interrate

In base alla definizione di elettrodotto sono escluse dall' applicazione della metodologia:

- le linee esercita a frequenze diverse da quella di rete (50 HZ);
- le linee definite di classe zero secondo decreto interministeriale 21.03.88 n°449 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza);
- le linee definite di prima classe secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n°449 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 kV e linee in cavo per l'illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 kV);
- le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n°449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Verranno comunque eseguiti calcoli anche su vie cavo in Bassa Tensione interni al sito industriale estendendo a loro la definizione di elettrodotto va comunque preso in considerazione il fatto che tali elettrodotti interni all' area di lavoro ricadono nell' ambito di applicazione del DL 81/08 (Testo unico del Lavoro) e pertanto NON intendono in nessun caso sostituirsi alle valutazioni dell' RSPP.

Il calcolo sarà eseguito in modo modulare su alcuni punti chiave del sistema di distribuzione elettrica in Alta ed in Media Tensione ed estesa al resto del sistema per generare una Superficie di Prima Approssimazione inviluppo di tutte le Distanze di Prima Approssimazione (DPA).

8.1 Calcolo DPA condutture

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, saranno considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio" o a elica) fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Secondo quanto riportato nel DM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 μT.

Considerando la posa dei **conduttori a trifoglio**, la formula da applicare è la seguente:

$$B = 0{,}1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \ [\mu T] \qquad R' = 0{,}286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \ [m]$$

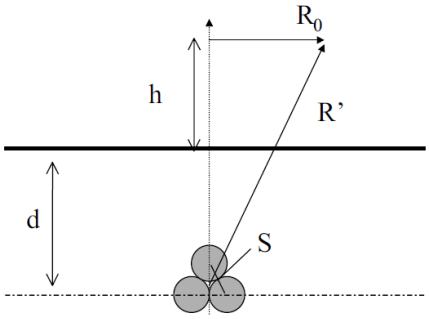


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

E per R_0

$$R_0 = \sqrt{0{,}082 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

Nel caso i cavi siano posati in piano alla profondità d e spaziati di S si ricorre alle seguenti formule approssimate per **conduttori in piano**:

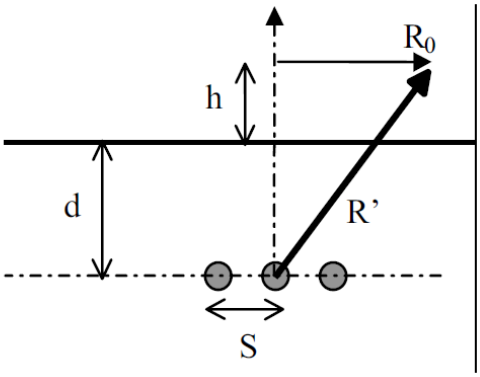
l'induzione magnetica vale:

$$B = 0{,}2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R'^2} \qquad [\mu T]$$

Assegnando a **B=3,0 µT**

Si rocava la seguente formula:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \qquad [m]$$



In alcuni casi può essere conveniente calcolare - al posto della distanza dal baricentro dei conduttori che può risultare fin troppo conservativa - la distanza R0 dall'asse della linea al livello del suolo (h = 0) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto di un valore prefissato (3 µT). In questa ipotesi, la profondità di posa diviene un ulteriore parametro per poter ottenere la distanza dall'asse della linea. R0 può quindi essere calcolato applicando la formula semplificata per il calcolo di R' e tenendo conto della profondità di posa d:

$$R_0 = \sqrt{R'^2 - d^2} \quad [m] \qquad R_0 = \sqrt{0{,}115 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Per il fatto che molti elettrodotti sono ancora in fase di progettazione ed altri in fase di realizzazione si effettueranno valutazioni del campo elettromagnetico tenendo conto il tipo di posa più sfavorevole ovvero quella che prevede i conduttori in piano.

8.2 Calcolo DPA trasformatore

Formula approssimata ed empirica per la valutazione del campo di **induzione magnetica prodotto da un trasformatore:**

$$B(d) = B_0 \frac{u_{cc\%}}{6} \sqrt{\frac{S}{630}} \left(\frac{3}{d}\right)^{2.8} \qquad [\mu T]$$

La distanza dal centro del trasformatore alla quale il campo di induzione magnetica è pari a 3μT è data dalla formula inversa (per trasformatori a olio):

$$DPA = (0{,}24 \times Ucc\,\% \times \sqrt{Sr})^{0{,}35714}$$

Dove:

Sr potenza apparente nominale trasformatore [kVA];

Ucc % tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore

Dpa distanza di prima approssimazione [m]

9 CALCOLO DELLA DPA MLSS2

Al momento della redazione di questo documento la sottostazione di utenza MLSS2 è in corso di realizzazione. Le informazioni contenute in questo documento sono le ultime disponibili dal Contractor e dal team di progettazione.

9.1 Cavidotto Interrato 220 kV di trasmissione da sottostazione TERNA a Sottostazione Utente MLSS2

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 220 kV interrata, dalla sottostazione esistente di proprietà di Terna alla Sottostazione Utente MLSS2 da realizzarsi. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo ARE4H5E 127/220kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

Con i seguenti parametri elettrici

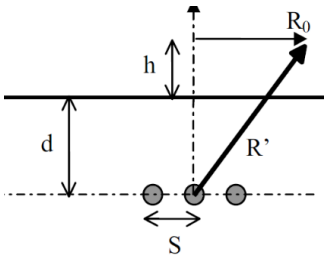
- Tipo di cavo ARE4H5E in alluminio
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U) kV 127/220
- Tensione massima permanente di esercizio (Um) kV 220
- Sezione nominale 1 x 1200 mm² (singoli conduttori)
- portata in regime permanente massima 1050 A
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,25 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostengno: Interrato

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25



Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 1050)} = 5{,}51\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

Inserendo ora le variabili si ottiene

$$R_0 = \sqrt{5{,}51^2 - 1^2} = 5{,}42 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 6 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA	***6 m***

9.2 Barrature GIS 220 kV di distribuzione Alta Tensione Cabina Utente MLSS2

Calcoliamo la DPA per i quadri GIS sono rappresentati da barre disposte di uno stesso piano alla distanza di 600 mm l'una d' altra in aria. Con i seguenti parametri elettrici

- Barre Rigide in rame
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 127/220 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 220 kV
- Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- Diametro esterno singolo conduttore: 89 mm
- Portata in regime permanente 2000 A pari alla corrente nominale delle sbarre

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

- Elettrodotto: Canalizzazione AT
- Tensione nominale: 220 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Numero di conduttori per fase: 1
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,60 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Aereo

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}60 \times 2000)} = 11{,}78\, m$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 12 m, rispetto all'asse dele barrature GIS.

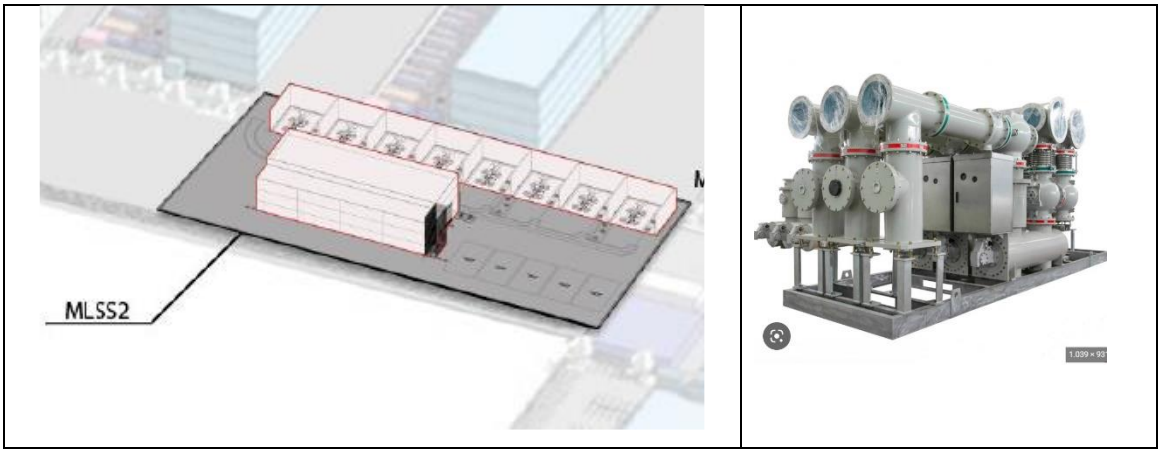
DPA	***12 m***

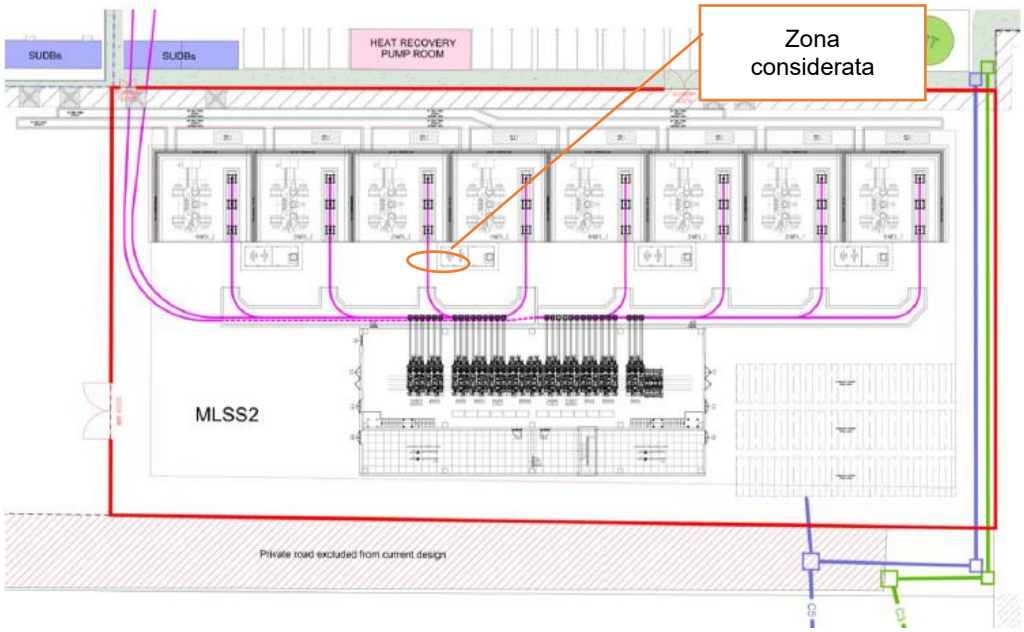
9.3 Cavidotto Interrato 220 kV fra quadro GIS di MLSS2 ai Trasformatori AT/MT

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 220 kV interrata, dal quadro GIS di MLSS2 al trasformatore 220/11,5 kV. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo ARE4H5E 127/220kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo: ARE4H5E
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 127/220 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 220 kV
- Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 998 A





Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

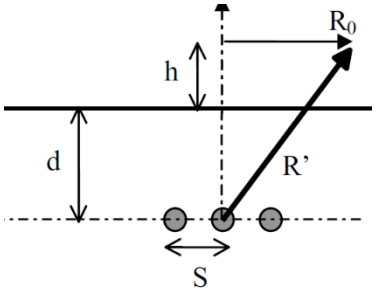
Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione AT
- Tensione: 220 KV
- Frequenza: 50 Hz
- Corrente: 998 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: 998 A x 1= 998 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,25 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostengno: Interrato

d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25



Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 998)} = 5{,}37\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{5{,}3^2 - 1^2} = 5{,}27 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 6 m, rispetto all'asse del cavidotto.

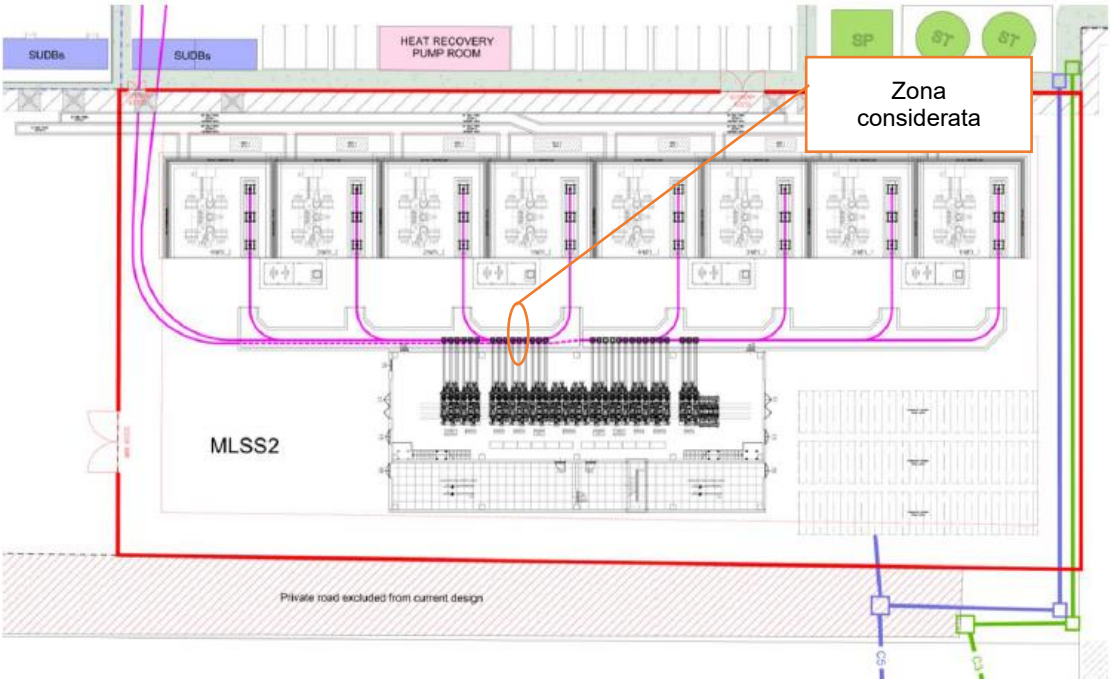
DPA	***6 m***

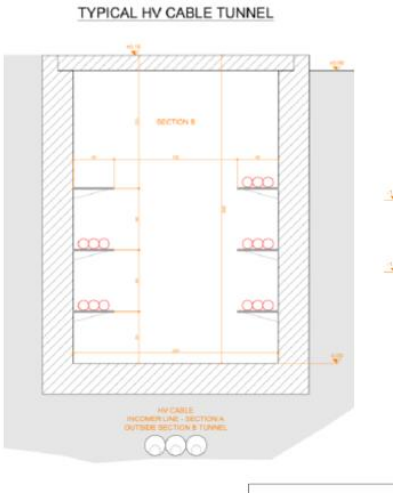
9.4 Cavidotto Interrato 220 kV fra quadro GIS di MLSS2 ai Trasformatori AT/MT caso con quattro linee sovrapposte

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 220 kV interrata, dal quadro GIS di MLSS2 ai trasformatori 220/11,5 kV quando quattro linee sono sovrapposte. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo ARE4H5E 87/150kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo: ARE4H5E
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 127/220 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 220 kV
- Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 998 A





Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da due conduttori in parallelo, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

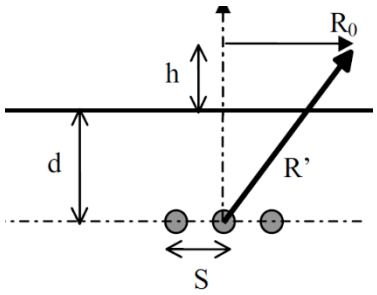
Dati della linea:

- Gestore: Utente Privato
- Elettrodotto: Canalizzazione AT
- Tensione: 220 kV
- Frequenza: 50 Hz
- Corrente: 998 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: 1x998 = 998 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano) per 4 linee
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,25 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostengno: Interrato

d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25



Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 4x998)} = 10{,}74\, m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

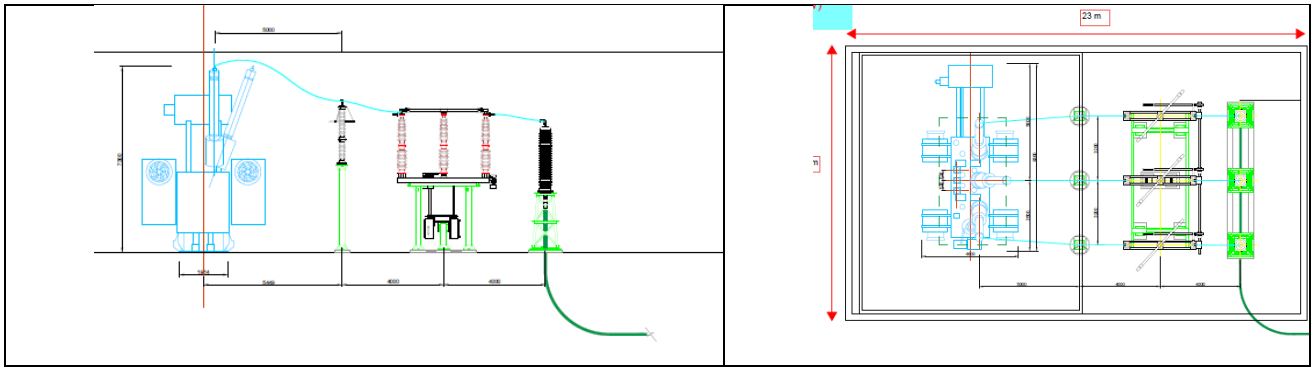
$$R_0 = \sqrt{10{,}74^2 - 1^2} = 10{,}69 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 11 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 11 m

9.5 Cavidotto Aereo 220 kV a ridosso dei Trasformatori AT/MT di MLSS2

Calcoliamo la DPA per le connessioni lato Alta Tensione dei Trasformatori che possiamo rappresentare con barre disposte di uno stesso piano alla distanza di 300 mm l'una d' altra in aria.



Con i seguenti parametri elettrici

- Barre Rigide in rame
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 127/220 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 220 kV
- Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- Diametro esterno: 89 mm

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea:

- Elettrodotto: Canalizzazione AT
- Tensione: 220 kV
- Frequenza: 50 Hz
- Corrente: 106 A (corrente nominale primario trasformatore)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: 1x106 = 106 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,30 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Aereo

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

O meglio

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}30 \times 106)} = 1{,}9\ m$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 2 m, rispetto all'asse dele barrature GIS.

DPA 2 m

9.6 Trasformatore AT/MT di MLSS2

Normalmente la distanza di approssimazione ai 3 µT si esaurisce nelle immediate vicinanze del trasformatore in quanto il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

Di seguito si riportano le caratteristiche del trasformatore AT/MT considerato

Caratteristiche trasformatore:

- Potenza: 45/55 MVA
- Tensione: 220 ±10 x 1,2 %
- Collegamento: Ynd11
- Livello isolamento AT: 270 kV
- Tensione di cortocircuito: 18%

Tuttavia, visto le potenze in gioco, si è provveduto al calcolo approssimato delle DPA.

$$DPA = (0{,}24 \times Ucc\ \% \times \sqrt{Sr})^{0{,}35714}$$

Dove:

Sr potenza apparente nominale trasformatore [kVA];

Ucc % tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore

Dpa distanza di prima approssimazione [m]

$$DPA = (0{,}24 \times 18 \times \sqrt{55000})^{0{,}35714} = 11{,}84\ m$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 12 m dalla proiezione in pianta del trasformatore.

DPA 12 m

9.7 Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT SUDBs di ML10x

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata, dal trasformatore MLSS2 220/11,5 kV alla cabina di distribuzione MT SUDBs. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano.

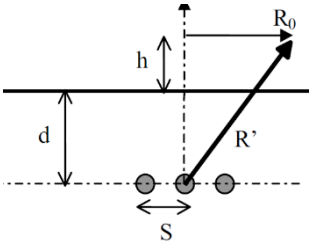
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 500 mm²
- Diametro esterno: 49 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 861 A
- Distanza linea: 20 m

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da sei conduttori per fase, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione: 11,5 kV
- Corrente: 861 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori: 4 per fase
- Corrente per fase: 861 A x 4 = 3444 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60) Si noti comunque che il trasformatore ha una corrente nominale di 2022 A
- Geometria: In piano (singola fase con 4 conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
- Tipologia sostegno: Interrato



d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 2022)} = 7{,}64\, m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{7{,}64^2 - 1^2} = 7{,}58 \ [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 8 m, rispetto all'asse del cavidotto.

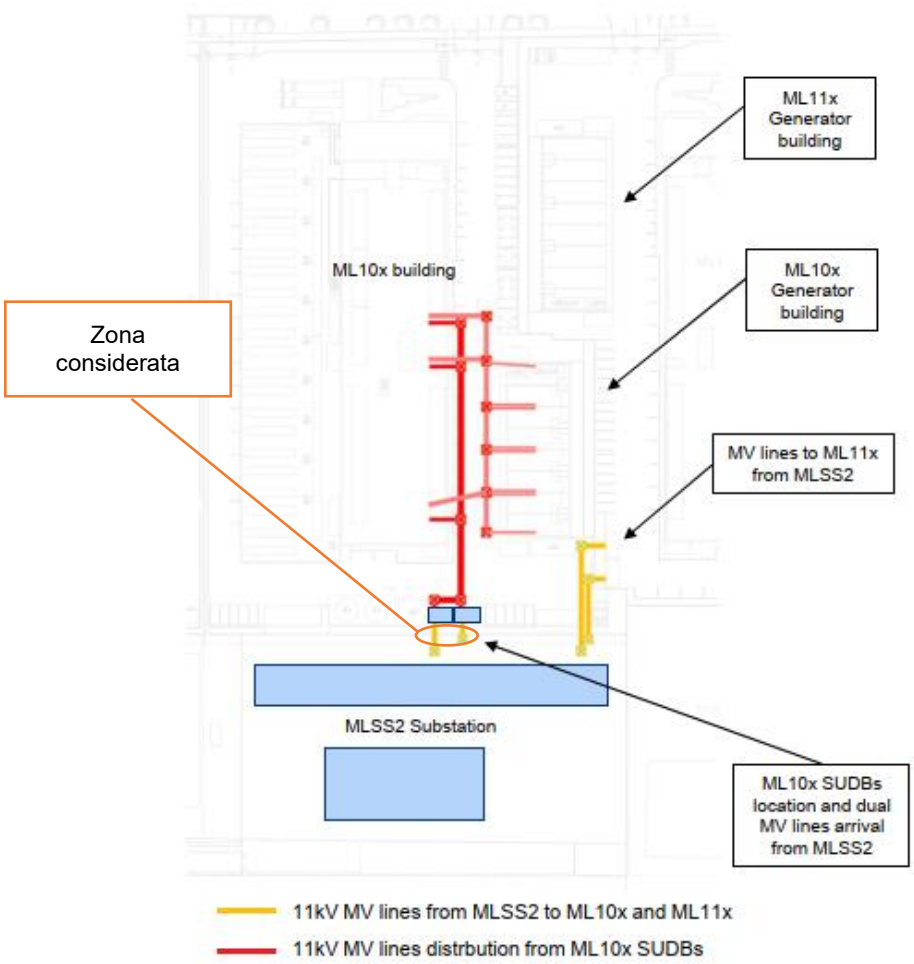
DPA 8 m

9.8 Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT SUDBs di ML10x caso con 3 linee soprapposte

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata, dal trasformatore MLSS1 132/11,5 alla cabina di distribuzione MT periferica di MLSS1. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano.

Con i seguenti parametri elettrici

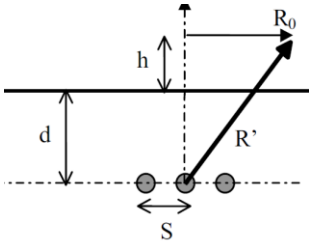
- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 500 mm²
- Diametro esterno: 49 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 861 A
- Distanza linea: 20 m



Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da 4 conduttori per fase, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Gestore: Utente Privato
- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione: 11,5 kV
- Corrente: 861 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori: 4 per fase
- Corrente per fase: 861 A x 4 = 3444 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60) Si noti comunque che il trasformatore ha una corrente nominale di 2022 A
- Geometria: In piano (singola fase con 4 conduttori in piano) e 4 linee sovrapposte
- Distanza tra le fasi (S): S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
- Tipologia sostegno: Interrato



d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 4x2022)} = 15{,}29\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{15{,}29^2 - 1^2} = 15{,}26\ [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 16 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 16 m

9.9 Cabine di Trasformazione MT Ausiliarie periferiche di sottostazione MLSS2

Le cabine di trasformazione MT Ausiliarie conterranno un solo il trasformatore di piccola taglia per gli ausiliari (250 kVA).(4ETX)

La DPA, distanza di prima approssimazione, per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa, che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del perimetro di cabina più di DPA, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Per fascia di rispetto si intende, in questo caso, lo spazio circostante il locale cabina che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica d'intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μT).

Questa indicazione può valere nel caso di cabine 'standard' prefabbricate e di dimensioni contenute (rif. 5.2.1 DM 29/05/2008).

Nel caso di tipologie di cabine differenti da quelle sopra, come i locali in oggetto, **la struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la DPA è un sistema trifase BT, percorso dalla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, nell'ipotesi che la distanza tra le fasi fosse pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso**.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0{,}40942 \times x^{0{,}5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale del trafo (A) in BT

x = diametro esterno dei cavi (m)

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 250 kVA 0,4/30 kV collocati nelle cabine di trasformazione.

Per il calcolo e stato considerato per le fasi come diametro dei conduttori un valore pari a 0,025 m (formazione dei cavi BT rame 3x2x150 mm2 e una corrente pari a 360 A (corrente nominale secondaria del trasformatore).

Pertanto, servendoci della corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e del diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore e applicando la formula riportata sul DM 29/05/08 e stato calcolato il rapporto $\frac{DPA}{\sqrt{I}}$. detto rapporto moltiplicato per $\boldsymbol{e}$ approssimato al mezzo metro successivo restituisce DPA.

$$DPA = \sqrt{360} \times 0{,}40942 \times 0{,}025^{0{,}5241} = 1{,}12\ m$$

che approssimato al mezzo metro superiore fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 1 m, rispetto all'asse del trasformatore Ausiliario di Media Tensione presente nella cabina MT:

DPA trasformatore MT/BT	***2 m***

10 CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE MT DI ML10X

10.1 Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs di ML10x

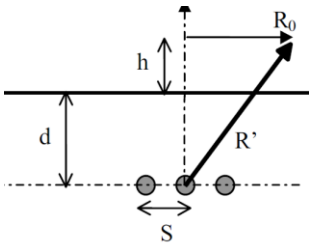
Dobbiamo considerare che questa cabina contiene al suo interno un quadro di media tensione avente la funzione di distribuire la potenza in uscita dal Trasformatori AT/MT alla rete di media tensione a valle verso le cabine di Trasformazione di ML10x. Pertanto, questo quadro gestirà la stessa potenza che gestisce la linea elettrica che la collega al trasformatore di alta.

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 500 mm²
- Diametro esterno: 49 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 861 A
- Distanza linea: 20 m

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da sei conduttori per fase, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione: 11,5 kV
- Corrente: 861 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori: 4 per fase
- Corrente per fase: 861 A x 4 = 3444 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60) Si noti comunque che il trasformatore ha una corrente nominale di 2022 A
- Geometria: In piano (singola fase con 4 conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
- Tipologia sostegno: Interrato



d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 2022)} = 7{,}64\, m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{7{,}64^2 - 1^2} = 7{,}58 \ [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 8 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 8 m

10.2 Cavidotti Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs alle cabine MT di ML10x

La Cabina di distribuzione MT di ML10x riceve potenza da un trasformatore AT/MT 45/55 MVA e distribuisce la sua potenza su 4 anelli in MT.

Il primo anello alimenta le cabine eWall A TX Room–3F, eWall B TX Room–2F, eWall C TX Room–1F, eWall D TX Room–GF ciascuna con un trasformatore da 2,8 MVA per un totale contemporaneo di 11,2 MVA.

Il secondo anello alimenta le cabine eWall E TX Room–3F, eWall F TX Room–2F, eWall G TX Room–1F, eWall H TX Room – GF ciascuna con un trasformatore da 2,8 MVA per un totale contemporaneo di 11,2 MVA.

Il terzo anello alimenta le cabine meWall M1 TX Room–RF, meWall M2 TX Room–RF, meWall M3 TX Room–RF, R Block 1 TX Room – GF ciascuna con un trasformatore da 2,8 MVA per un totale contemporaneo di 11,2 MVA.

Il quarto anello alimenta le cabine eWall J TX Room–RF, eWall K TX Room–RF, meWall M4 TX Room–RF, R Block 2 TX Room – 2F ciascuna con un trasformatore da 2,8 MVA per un totale contemporaneo di 11,2 MVA.

Ciascun anello gestisce pertanto una massima potenza di 11,2 MVA che a 11,5 kV sono 566 A.

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata o in canalizzazione zincata quando è presente il del singolo anello dalla Cabina MT di distribuzione periferica di Datacenter ML10x alle cabina MT di trasformazione dell'Edificio. La geometria di posa prevede cavidotti interrati e in canalizzazione con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano.

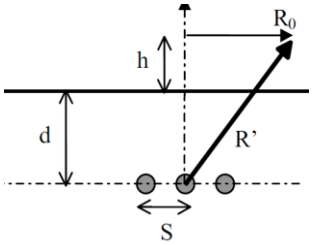
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U) kV 12/20
- Tensione massima permanente di esercizio (Um) kV 20
- Sezione nominale del singolo conduttore: 300 mm²
- Diametro esterno 42,6 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 654 A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da sei conduttori per fase, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione: 11,5 kV
- Corrente: 566 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori: 2 per fase
- Corrente per fase: 654 A x 2 = 1308 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60) Si noti comunque che nell'anello circola al massimo una corrente 566 A
- Geometria: In piano (singola fase con 6 conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
- Tipologia sostegno: Interrato ed in canalina zincata o passerella.



d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 566)} = 4{,}04\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

meglio

$$R_0 = \sqrt{4{,}04^2 - 1^2} = 3{,}92\ [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 4 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 4 m

10.3 Cavidotti Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs alle cabine MT di ML10X caso di 4 anelli contemporaneamente presenti

Ricordiamo che ciascun anello gestisce pertanto una massima potenza di 11,2 MVA che a 11,5 kV sono 566 A.e nel caso peggiore sarà possibile individuare percorsi dove tre anelli sono presenti contemporaneamente

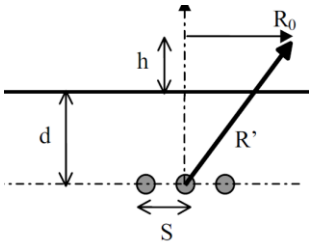
Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata o in canalizzazione zincata quando sono presenti contemporaneamente 4 anelli dalla Cabina MT di distribuzione periferica di Datacenter ML10X alle cabine MT di trasformazione dell'Edificio. La geometria di posa prevede cavidotti interrati e in canalizzazione con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano. Con i seguenti parametri elettrici:

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U) kV 12/20
- Tensione massima permanente di esercizio (Um) kV 20
- Sezione nominale del singolo conduttore: 300 mm²
- Diametro esterno 42,6 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 654 A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da sei conduttori per fase, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione: 11,5 kV
- Corrente: 4x566 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori: 2 per fase per 4 linee contemporanee
- Corrente per fase: 654 A x 2 = 1308 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60) Si noti comunque che nell'anello circola al massimo una corrente 566 A
- Geometria: In piano (singola fase con 6 conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
- Tipologia sostegno: Interrato ed in canalina zincata o passerella.



d = 1,0 m

h = 0 m

S = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 4x566)} = 8{,}09\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

meglio

$$R_0 = \sqrt{8{,}09^2 - 1^2} = 8{,}02\ [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 9 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 9 m

10.4 Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dall'Edificio dei Generatori MT alle cabine MT del sito

I gruppi elettrogeni relativi al Datacenter ML10x generano energia elettrica in media tensione a 11,5 kV.

Di seguito si riportano le caratteristiche del presunto gruppo elettrogeno da 2800 kWe (elettrici) a 11,5 kV considerato:

Generator set data sheet

Model:	**C3500 D5**
Frequency:	**50 Hz**
Fuel type:	**Diesel**
kVA rating:	**3500 Standby**
	3125 Prime
	2750 Continuous
Emissions level:	**Unregulated**

Fuel consumption	Standby				Prime				Continuous			
	kVA (kW)				kVA (kW)				kVA (kW)			
Ratings	3500 (2800)†				3125 (2500)				2750 (2200)			
Ratings without fan[1]	3598 (2878)				3223 (2578)				2848 (2278)			
Load	1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full
US gph	51	91	133	177	47	83	120	161	42	75	107	141
L/hr	193	344	503	670	178	314	454	609	159	284	405	534

[1]Ratings for reference with the optional remote radiator cooling configuration. See note 1 under "Alternator data" section.
†DCC available at standby power subject to Cummins' site-specific assessment. Please contact your Cummins Distributor.

Engine	Standby rating	Prime rating	Continuous rating
Engine model	QSK95-G4		
Configuration	Cast iron, vee, 16 cylinder		
Aspiration	Turbocharged and after-cooled		
Gross engine power output, kWm (bhp)	3027 (4058)	2717 (3642)	2407 (3226)
BMEP at set rated load, kPa (psi)	2544 (369)	2282 (331)	2020 (293)
Bore, mm (in)	190.0 (7.48)		
Stroke, mm (in)	210.1 (8.27)		
Rated speed, rpm	1500		
Piston speed, m/s (ft/min)	10.5 (2067)		
Compression ratio	15.5:1		
Lube oil capacity, L (qt)	647 (684)		
Overspeed limit, rpm	2070		
Regenerative power, kW	230		

Fuel flow			
Maximum fuel flow, L/hr (US gph)	1392.9 (368)		
Maximum fuel inlet restriction with clean filter, kPa (in Hg)	13.5 (4)		
Maximum fuel return line restriction kPa (in Hg)	34 (10)		
Maximum fuel inlet temperature, °C (°F)	71.1 (160)		
Maximum fuel outlet temperature, °C (°F)	92.2 (198)		

Air			
Combustion air, m^3/min (scfm)	240 (8489)	228 (8063)	205 (7256)
Maximum air cleaner restriction with clean filter, mm H_2O (in H_2O)	457 (18)		
Alternator cooling air, m^3/min (cfm)	240 (8476)		

ML10x sarà servito da no. 16 gruppi elettrogeni uno per ciascuna delle 16 Cabine di Trasformazione presenti nell' Edificio.

Ciascun Gruppo elettrogeno alimenta singolarmente una specifica Cabina con una linea 3x185 mm2 in rame.

Tutti questi gruppi elettrogeni sono contenuti in un unico edificio modulare di quatro livelli con 8 Gruppi elettrogeni al piano secondo e 8 gruppi elettrogeni al quarto livello.

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata e canalizzazione metallica interna all'edificio ML10X dal Gruppo elettrogeno alla cabina MT di trasformazione. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano.

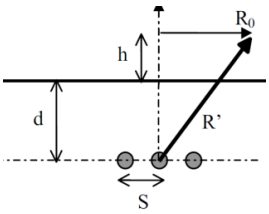
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 185 mm²
- Diametro esterno 37,4 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 507 A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da tre conduttori posati a trifoglio, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione nominale: 11,5 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Corrente: 583 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: 142 x 1 = 142 A (massima corrente erogabile da ciascun gruppo elettrogeno)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,25 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Interrato



d = 1,0 m

h = 0 m

s = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 142)} = 2{,}02\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{2{,}02^2 - 1^2} = 1{,}76 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 2 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 2 m

10.5 Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito caso con 16 linee contemporanee

Se Tutti i 16 Gruppi elettrogeni sono in funzione intorno all'edificio che li contiene ed intorno al cavidotto in MT che contiene tutte le 16 linee dovrà essere effettuata questa valutazione di campo elettromagnetico.

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata e canalizzazione metallica interna all'edificio ML10X dal Gruppo elettrogeno alla cabina MT di trasformazione. La geometria di posa prevede cavidotti interrati tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano.

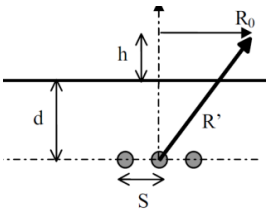
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 185 mm²
- Diametro esterno 37,4 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 507 A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da tre conduttori posati a trifoglio, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione nominale: 11,5 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Corrente: 583 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: 142 x 16 = 2272 A (massima corrente erogabile da 16 gruppi elettrogeni)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano) per 16 linee
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,25 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Interrato



d = 1,0 m

h = 0 m

s = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 16x142)} = 8{,}10\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{8{,}10^2 - 1^2} = 8{,}04 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 9 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 9 m

10.6 Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito nel caso di 10 linee coesistenti

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata, dal Gruppo elettrogeno alla cabina MT che coesiste con altre 9 linee provenienti da altrettanti gruppi elettrogeni. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

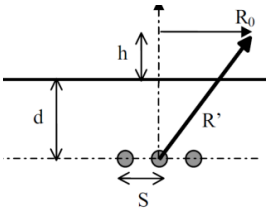
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 240 mm²
- Diametro esterno 39,7 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 549 A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da tre conduttori posati a trifoglio, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione nominale: 11,5 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Corrente: 583 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: 142 x 1 = 142 A (massima corrente erogabile da ciascun gruppo elettrogeno)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,25 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Interrato
- Numero di linee: 10 linee



d = 1,0 m

h = 0 m

s = 0,25

Si ottiene:

$$R' = 0{,}34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0{,}34 \times \sqrt{(0{,}25 \times 10x142)} = 6{,}4\ m$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0{,}115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{11{,}2^2 - 1^2} = 6{,}32 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 7 m, rispetto all'asse del cavidotto.

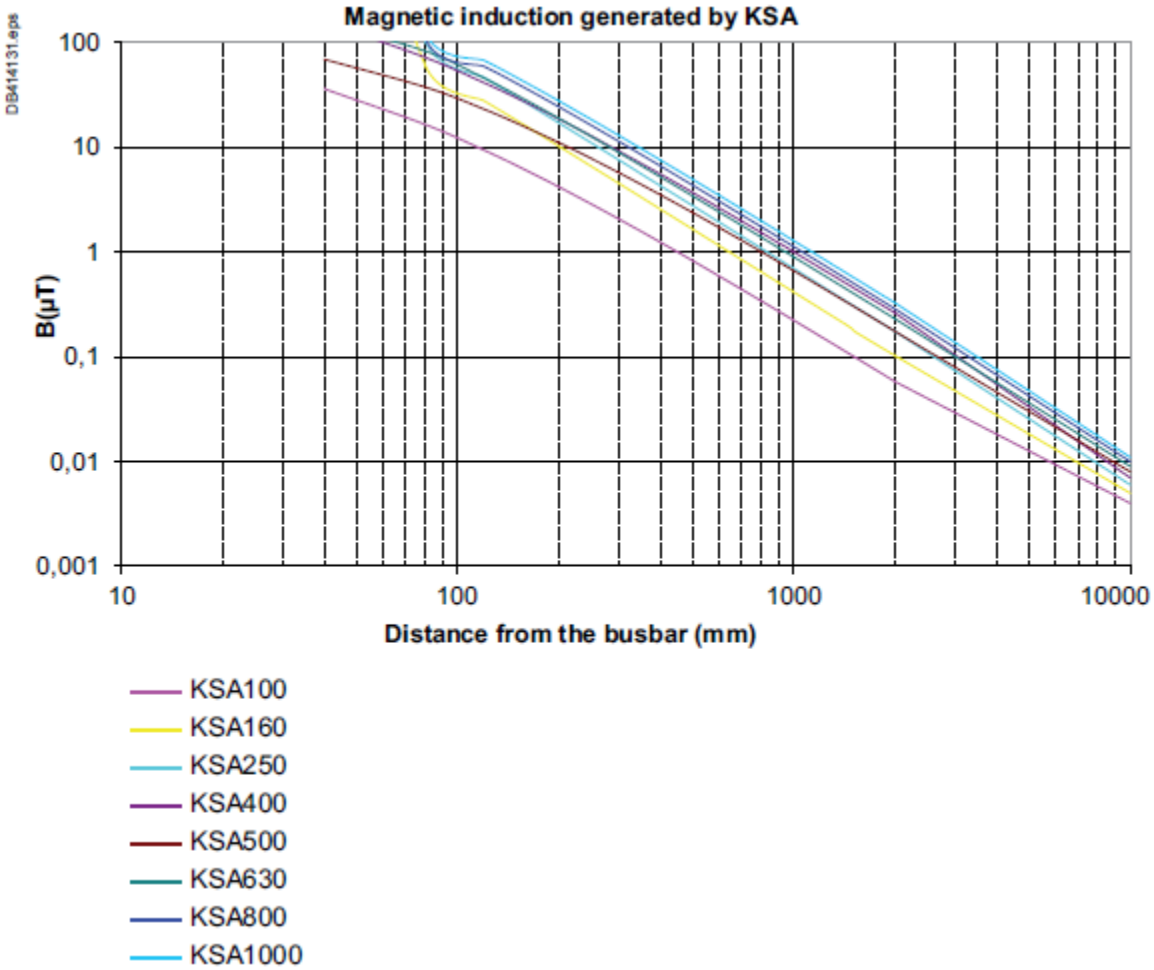
DPA 7 m

11 CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE BT DI ML10X

All' interno dei datacenters la distribuzione elettrica in Bassa tensione con correnti significative (superiori ai 100 A secondo il DL 81/08) sono realizzate per mezzo di Conduttore in cavo con posa aerea in canalizzazioni metalliche oppure per mezzo di Blindosbarre posate in area.

11.1 Cavidotto aereo 0,4 kV in Blindosbarra

Tutti i conduttori elettrici generano un campo magnetico, la cui intensità è proporzionale alla loro distanza. Un condotto sbarre ha un involucro metallico e conduttori vicini per questo motivo il campo è ridotto notevolmente rispetto a quello prodotto da una analoga conduttura in cavo



Dall'analisi dei dati dei principali fornitori di Blindosbarre è possibile dedurre che le distanze di prima approssimazione con definizione estesa come indicato al capitolo 8 sono inferiori ad 1 metro per Blindosbarre fino a 1000 A di portata

DPA	***1 m***

Per Blindosbarre di portata superiore possiamo verificare che Blindo con correnti fino a 2000 A ha Distanze di prima approssimazione inferiori ad 1 metro

Per Blindosbarre da 4000 A la Distanza di prima approssimazione è inferiore a 1,5 m mentre per le Blindo da 5000 A abbiamo valori inferiori ai 2 m

5.1. Test point and results

CURRENT RATE(AMPER)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
CODE OF BUSBAR	KXA 08	KXA 10	KXA 12	KXA 17	KXA 20	KXA 25	KXA 33	KXA 40	KXA 50
DIMENSION of CONDUCTOR (mmXmm)	6X55	6X80	6X110	6X160	6X200	2X6X110	2X6X160	2X6X200	3X6X200
MEASUREMENT DISTANCE (cm)	MEASURED MAGNETIC FIELD VALUES($_{\mu}$T-Micro Tesla)								
10 cm	28,14	36,89	46,71	54,28	61,87	43,65	62,76	68,54	65,92
20cm	13,16	17,85	25,61	26,18	31,87	23,75	35,56	37,14	37,92
30cm	7,41	9,43	12,66	14,76	18,22	14,42	21,27	23,93	24,12
40 cm	4,41	5,73	8,06	9,41	12,38	10,2	14,49	16,35	17,37
50 cm	3,01	3,95	5,71	6,6	8,83	7,67	10,43	12,22	12,89
60 cm	2,17	2,99	4,17	4,91	6,6	5,83	8	9,49	10,17
70 cm	1,72	2,26	3,17	3,81	5,02	4,68	6,31	7,41	8,25
80 cm	1,4	1,85	2,49	3,08	4,16	3,88	5,16	6,1	6,72
90 cm	1,14	1,53	2,08	2,51	3,43	3,21	4,3	5,24	5,89
100 cm	**0,98**	**1,32**	**1,77**	**2,1**	**2,82**	**2,83**	**3,73**	**4,48**	**5,11**
150 cm	0,63	0,77	1,02	1,24	1,63	1,75	2,25	2,59	3,11
200 cm	0,52	0,57	0,75	0,98	1,17	1,3	1,67	1,95	2,28
250 cm	0,44	0,49	0,59	0,69	0,91	1,06	1,35	1,57	1,84
300 cm	0,36	0,44	0,5	0,57	0,77	0,91	1,16	1,35	1,55
350 cm	0,32	0,4	0,43	0,49	0,55	0,8	0,98	1,2	1,37
400 cm	0,25	0,35	0,39	0,4	0,54	0,74	0,89	1,08	1,26
500 cm	0,16	0,28	0,19	0,27	0,43	0,55	0,62	0,78	0,92

Sulla base delle schede tecniche delle blindo sbarre utilizzate per il progetto di ML7x (documento “ML070-KGE-ZZ-ZZ-TS-E-ZZZZ-0132”) che, ragionevolmente, si possono considerare valide anche per ML10x poiché i due edifici sono “gemelli”.

Le Blindosbarre di maggiore potenza si troveranno nelle Cabine di trasformazione e vanno dai Trasformatori da 2,8 MVA ai quadri di distribuzione principale Bassa Tensione di Cabina ed hanno 5000 A di portata.

Avremo poi:

- Blindosbarre da 4000 A per i collegamenti di ridondanza
- Blindosbarre da 2000 A dagli UPS ai quadri di Distribuzione in continuità assoluta
- Blindosbarre da 630 A per la distribuzione Forza Motrice ai Rack all’ interno delle sale CED
- Blindosbarre da 250 A per alimentazione delle colonne di raffreddamento dai quadri continuità assoluta.

Concludiamo pertanto che per Blindosbarre di grande Potenza la distanza di prima approssimazione è inferiore a 2 m

DPA 2 m

11.2 Cavidotto aereo 0,4 kV in cavo

La posa di condutture elettriche in Bassa Tensione principali di grande potenza in un Datacenter è particolarmente attenta per aumentare la portata delle condutture e ridurre le impedenze reattive della linea ma anche per ridurre il campo elettromagnetico.

Possiamo pertanto ritenere, che per questa classe di condutture, la posa di cavi nelle canalizzazioni sia stata effettuata avendo cura di ottenere cavi con posa a trifoglio anche nel caso di linee con numerose fruste in parallelo.

Una osservazione della lista delle condutture ci dice che le portate che piu si ripetono sono

Considerando la posa dei conduttori a trifoglio, la formula da applicare è la seguente:

$$B = 0{,}1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \ [\mu T] \qquad R' = 0{,}286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \ [m]$$

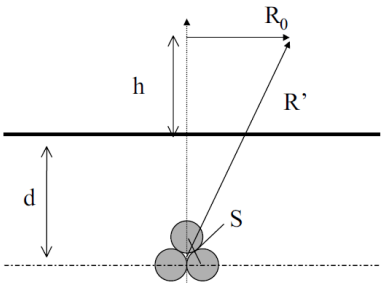


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

All' esterno delle cabine elettriche le condutture elettriche in Bassa Tensione non superano mai 900 A e che le portate delle condutture che si ripetono piu spesso sono 246 A, 444 A, 607 A e 888 A.

Ipotizzando una distanza cautelativa di 5 cm fra i conduttori per le portate piu ricorrenti possiamo scrivere

Portata in A	DPA
250	1,011163
450	1,356617
600	1,566487
900	1,918546

In base a queste informazioni possiamo concludere che per condutture in cavo dei Datacenter avremo delle distanze di rispetto inferiori ai 2 m

DPA 2 m

12 CONCLUSIONI

Le opere in progetto consistono nell'installazione di un impianto di alimentazione elettrica di un data center composto da una sottostazione con isolamento in gas (GIS) alimentate in AT da una sottostazione di Terna. E precisamente, la sottostazione utente GIS denominata MLSS2 sarà alimentata a 220 kV dalla sottostazione che Terna costruirà nelle immediate vicinanze del Datacenter nel comune di Settimo Milanese con un nuovo elettrodotto in doppio cavo interrato;

L'andamento della isolinea a 3 μT (microtesla) dell'induzione magnetica, è stata calcolata considerando le Norme CEI 106-11 e il DM 29/05/2008 dove applicabile.

Di seguito una tabella riepilogativa delle fasce di rispetto della isolinea a 3 μT dell'induzione magnetica (B) calcolata a partire dalla proiezione in pianta dei cavidotti e delle apparecchiature considerate:

Descrizione	**Paragrafo documento**	**Posizione in tabella**		**m**
Cavidotto Interrato 220 kV di trasmissione da sottostazione TERNA a Sottostazione Utente MLSS2	9.1	1	DPA	6
Barrature GIS 220 kV di distribuzione Alta Tensione Cabina Utente MLSS2	9.2	2	DPA	12
Cavidotto Interrato 220 kV fra quadro GIS di MLSS2 ai Trasformatori AT/MT	9.3	3	DPA	6
Cavidotto Interrato 220 kV fra quadro GIS di MLSS2 ai Trasformatori AT/MT caso con quattro linee sovrapposte	9.4	4	DPA	11
Cavidotto Aereo 220 kV a ridosso dei Trasformatori AT/MT di MLSS2	9.5	5	DPA	2
Trasformatore AT/MT di MLSS2	9.6	6	DPA	12
Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT SUDBs di ML10x	9.7	7	DPA	8
Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT SUDBs di ML10 caso con 3 linee soprapposte	9.9	9	DPA	16
Cabine di Trasformazione MT Ausiliarie periferiche di sottostazione MLSS2	9.10	10	DPA	2
Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs di ML10	10.1	11	DPA	8
Cavidotti Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs alle cabine MT di ML10X	10.2	12	DPA	4
Cavidotti Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di Datacenter SUDBs alle cabine MT di ML10X caso di 4 anelli contemporaneamente presenti	10.3	13	DPA	9

Descrizione	Paragrafo documento	Posizione in tabella		m
Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito	10.4	14	DPA	2
Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito caso con 16 linee contemporanee	10.5	15	DPA	9
Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito nel caso di 10 linee coesistenti	10.6	16	DPA	7
Distribuzione BT ML10X Cavidotto aereo 0,4 kV in Blindosbarra	11.1	17	DPA	1
Distribuzione BT ML10X Cavidotto aereo 0,4 kV in cavo	11.2	18	DPA	2

Pertanto, analizzando l'estensione della DPA dell'induzione magnetica calcolata, dovuta alla presenza dei componenti in AT e MT all'interno del sito (sottostazioni GIS, trasformatori e cavidotti), si può concludere che:

La DPA delle sorgenti presenti nel sito hanno estensioni che si esauriscono nelle immediate vicinanze delle sorgenti e non andranno ad interessare il fondo di campo magnetico eventualmente già presente esternamente al sito;

La DPA relativa al cavidotto interrato da realizzarsi lungo il tracciato stradale si esaurisce nelle immediate vicinanze del cavidotto e non andrà ad interessare il fondo di campo magnetico eventualmente già presente nelle aree esterne per più 7 metri a partire dall'asse del cavidotto stesso al piano di campagna.

Sovrapponendo la fascia di rispetto al percorso della canalizzazione interrata da realizzarsi dalla sottostazione di Terna denominata 'Settimo Milanese' alla sottostazione utente MLSS2 non sono stati individuati recettori sensibili all'interno della fascia stessa.

Come prescritto dall'articolo 4, comma **i** lettera **h** della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non e consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (valido per la 'popolazione' e non è applicabile nei luoghi di lavoro dove sono interessati lavoratori impiegati per specifica attività).

Pertanto, nelle cabine elettriche, nei corridoi principali del Datacenter possiamo individuare cavidotti con Distanze di Prima Approssimazione inferiori ai 2 metri. Nelle sale IT Le Blindo di distribuzioni hanno distanze di approssimazioni inferiori ad 1 metro.

Gli uffici presenti sul lato corto degli edifici Datacenter sono esterni alle fasce di rispetto dei cavidotti esterni. Nei corridoi degli uffici sono presenti alcuni blindi e cavidotti di distribuzione di Bassa Tensione con correnti inferiori ai 200 A che potranno generare delle distanze di prima approssimazione sicuramente inferiori al metro che non coinvolge gli ambienti dedicati alla permanenza superiore alle 4 ore di persone.

13 APPENDICE

13.1 Grandezze, convenzioni e simboli

μ	permeabilità magnetica del mezzo [H/m]
μ_r	permeabilità magnetica relativa del mezzo [p.u.]
μ_0	permeabilità magnetica del vuoto = $4\pi \cdot 10^{-7} \cdot$ H/m
$\vec{u}$	versore (vettore spaziale di lunghezza unitaria nella direzione della corrente)
$\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z$	versori nelle direzioni dei tre assi x, y, z
$i(t)$	valore istantaneo della corrente [A]
$\vec{H}(t)$	valore istantaneo del campo magnetico
$H(t)$	ampiezza istantanea dell'induzione magnetica [A/m]
$\vec{B}(t)$	valore istantaneo dell'induzione magnetica
$B(t)$	ampiezza istantanea dell'induzione magnetica [T]
$B_x(t)$, $B_y(t)$, $B_z(t)$	componenti spaziali istantanee del vettore induzione magnetica
I, B, B_x, B_y, B_z	valori efficaci della corrente, del vettore induzione magnetica e delle sue componenti spaziali
$\mathbf{I}$, $\mathbf{B}_x$, $\mathbf{B}_y$, $\mathbf{B}_z$	fasori (valori complessi) della corrente e delle componenti spaziali del vettore induzione magnetica
$\vec{\mathbf{B}}$	vettore fasoriale dell'induzione magnetica

13.2 Nozioni di base (CEI 106-11)

Il campo magnetico si stabilisce nello spazio quando in esso sono presenti poli magnetici o correnti elettriche. Al generico istante t esso può essere rappresentato dal vettore campo magnetico $\vec{H}(t)$ o, in alternativa, dal vettore induzione magnetica (detta anche densità di flusso magnetico) $\vec{B}(t)$.

La densità di flusso magnetico $\vec{B}(t)$ viene definita attraverso la forza $\vec{F}(t)$ esercitata dal campo magnetico su un conduttore di lunghezza unitaria attraversato da una corrente *i (t)*:

$$\vec{F}(t) = \vec{B}(t) \times i(t)\vec{u} \qquad \text{(prodotto vettoriale)} \qquad (1)$$

Il campo magnetico può essere derivato dall'induzione magnetica attraverso la considerazione della permeabilità magnetica del mezzo.

$$H(t) = \frac{B(t)}{\mu} \qquad (2)$$

dove:

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ è la permeabilità del mezzo;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m è il valore della permeabilità assoluta del vuoto;

μ_r è la permeabilità relativa del mezzo in cui si esercita il campo (nel caso dell'aria vale $\mu_r = 1$).

L'intensità del vettore campo magnetico $H(t)$ si esprime in ampere al metro [A/m], mentre quella del vettore induzione magnetica $B(t)$ in tesla [T]: 1 tesla equivale a 1 weber al metro quadrato [Wb/m^2], cioè a 1 volt secondo al metro quadrato [V·s/m^2].

Ai fini della presente Guida si farà soprattutto riferimento all'induzione magnetica, espressa nel sottomultiplo 10^{-6} del tesla (il microtesla, μT). Dall'equazione (1) si ricava facilmente che:

1 A/m corrisponde a 1,257 μT; 1 μT corrisponde a 0,796 A/m

Il vettore induzione magnetica può essere descritto mediante le sue componenti spaziali lungo tre assi mutuamente ortogonali nel modo seguente:

$$\vec{B}(t) = B_x(t) \cdot \vec{u}_x + B_y(t) \cdot \vec{u}_y + B_z(t) \cdot \vec{u}_z \qquad (3)$$

Nel caso di campi magnetici dovuti a sistemi di correnti alternate trifase, il vettore induzione magnetica totale $\vec{B}(t)$ descrive al variare di t un'ellisse in un piano ortogonale ai conduttori percorsi da corrente, supposti paralleli, (come mostrato nella Norma CEI 211-4), per cui il campo si dice polarizzato ellitticamente.